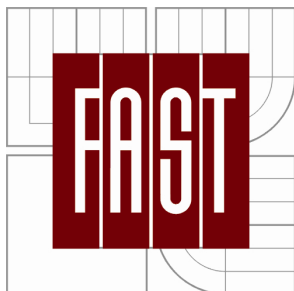




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

# ANALÝZA RIZIK NÁSOSKOVÝCH ŘADŮ

RISK ANALYSIS OF SIPHON PIPES

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. MARKÉTA OUTRATOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JAN RUČKA, Ph.D.

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství obcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Markéta Outratová
<b>Název</b>	Analýza rizik násoskových řadů
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Jan Ručka, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2011
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	13. 1. 2012
V Brně dne 31. 3. 2011	

.....  
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

- 1) TUHOVČÁK, L. a kol. WaterRisk - Analýza rizik veřejných vodovodů. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2010. 254 s. ISBN 978-80-7204-676-8.
- 2) KOLÁŘ, V. a kol. Hydraulika : Technický průvodce. Praha : SNTL n.p., 1966. 716 s. 04-003-66.
- 3) SNOEYINK, V.L. Drinking water distribution systems : Assessing and reducing risks. Washington D.C., USA : The National Academies Press, 2006. 391 s. Dostupné z WWW: [www.nap.edu](http://www.nap.edu). ISBN 0-309-10306-1.

## **Zásady pro vypracování**

V rámci diplomové práce bude zpracována metodika pro analýzu rizik násoskových vodovodních řadů. V úvodu práce bude provedena rešerše literatury a definovány nejčastěji se vyskytující závady násosek spolu s popisem jejich příčin. Výsledkem práce bude sestavení katalogu (seznamu) nejfrekventovanějších nežádoucích stavů, které se na násoskových řadech vyskytují. Pro tyto nežádoucí stavy budou sestaveny podrobné metodiky pro analýzu pravděpodobnosti jejich vzniku a pro odhad hrozících následků. Vypracované postupy budou ověřeny na skutečném vodárenském systému. Práce bude řešena v souladu s metodikou analýzy rizik, která byla vyvinuta v rámci projektu 2B06039 - WaterRisk.

## **Předepsané přílohy**

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....  
Ing. Jan Ručka, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce pojednává o násoskových vodárenských řadech, které jsou využívány při jímání podzemní vody. Cílem práce je definování nejfrekventovanějších nežádoucích stavů, které se mohou vyskytnout na násoskových řadech, a ověření na konkrétním prameništi. Práce je řešena v souladu s metodikou analýzy rizik WaterRisk. Obsahem práce je shrnutí hydrauliky násoskových řadů a jejich využití v praxi, dále identifikace nebezpečí, definování nejfrekventovanějších nežádoucích stavů a následků na násoskových řadech a jejich ověření na konkrétním prameništi v rámci případové studie.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

násoska, analýza rizik, nebezpečí, nežádoucí stav, následky

## **ABSTRACT**

The master's thesis discusses siphon pipes that are used to collect groundwater. The goal of work is to define the most frequent undesired events that may appear on siphon pipes, and verifying the individual springs. The work is addressed in accordance with the methodology of risk analysis WaterRisk. The content of the work is a summary of the hydraulic of siphon pipes and their use in practice, hazard identification, defining the most frequent undesired events and consequences on siphon pipes, and their verification in the spring in a particular case study.

## **KEYWORDS**

siphon pipe, risk analysis, hazard, undesired event, consequence

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

OUTRATOVÁ, Markéta. *Analýza rizik násoskových řadů*. Brno, 2012. 98 s., 2 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D..

---

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 13.1.2012

.....  
podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych na tomto místě poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Ručkovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Dále bych ráda touto cestou poděkovala provozovateli prameniště a úpravny vody Moravská Nová Ves, společnosti Vodovody a kanalizace Hodonín a.s., za spolupráci a poskytnutí informací potřebných pro vypracování diplomové práce.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
1.1	Současný stav poznání.....	8
1.2	Cíl práce.....	8
<b>2</b>	<b>NÁSOSKOVÉ ŘADY .....</b>	<b>9</b>
2.1	Vzorový výpočet ztrát na násoskovém potrubí .....	13
2.2	Kavitace v násoskovém potrubí.....	16
2.2.1	Kavitace v násoskový potrubích v prameništi Podluží .....	16
2.3	Využití násosek .....	17
<b>3</b>	<b>ANALÝZA RIZIK NÁSOSKOVÝCH ŘADŮ.....</b>	<b>20</b>
3.1	Úvod do analýzy rizik .....	20
3.2	Vstupní data pro analýzu rizik násoskových řadů.....	22
3.3	Analýza poruch násoskových řadů .....	22
3.4	Identifikace nebezpečí .....	26
3.5	Definice nežádoucích stavů .....	27
3.5.1	Popis nežádoucích stavů a jejich rizikových faktorů .....	28
3.5.2	Stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu.....	46
3.6	Analýza následků nežádoucího stavu .....	46
3.7	Analýza nejistot .....	47
<b>4</b>	<b>TESTOVÁNÍ METODIKY ANALÝZY RIZIK .....</b>	<b>49</b>
4.1	Popis testovaného systému .....	49
4.1.1	Charakteristika území.....	49
4.1.2	Skupinový vodovod Podluží .....	51
4.1.3	Prameniště skupinového vodovodu Podluží .....	53
4.2	Testování systému v softwaru waterrisk.CZ .....	66
4.2.1	Softwarová aplikace WaterRisk.cz .....	66
4.2.2	Případová studie .....	67
<b>5</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ.....</b>	<b>87</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>88</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>91</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>93</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝM ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>94</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>96</b>
	<b>SUMMARY .....</b>	<b>97</b>



# **1 ÚVOD**

## **1.1 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ**

V oboru vodárenství se v některých případech používají pro jímání podzemní vody násosky. Násosky jsou potrubí, která dopravují vodu na základě podtlaku vyvolaného v potrubí. Jelikož se jedná o velice jednoduchá zařízení, jejichž provozování je nenáročné, není jim v technické oblasti věnována velká pozornost.

Analýza rizik vodárenských systémů je v současné době na počátku svého rozvoje. Dochází k zavádění získaných informací z jiných odvětví průmyslu a oborů do evropské legislativy. Legislativa Evropské Unie se zaměřuje v rámci výroby a distribuce pitné vody na doporučení principů pro hodnocení a řízení rizik. Nedostatkem pro zavádění těchto principů je absence jednotné metodiky. Vytvoření jednotné metodiky identifikace, kvantifikace a řízení rizik bylo cílem projektu WaterRisk. Navržená metodika zahrnuje celý systém zásobování pitnou vodou rozdělený do tří technologických subsystémů (Vodní zdroje, Úprava vody, Distribuční síť). V rámci projektu byla také vytvořena softwarová aplikace.

## **1.2 CÍL PRÁCE**

Metodika WaterRisk je definována pro vodní zdroje, úpravnu vody i pro distribuční řad. Avšak v rámci prvku vodovodní sítě Vodní zdroje nejsou identifikována možná nebezpečí a nežádoucí stavy týkající se násoskových řadů. Cílem diplomové práce byla identifikace těchto nebezpečí a definování nejfrekventovanějších nežádoucích stavů, které mohou na násoskových řadech nastat. Vytvořené nežádoucí stavy byly následně testovány v případové studii prameniště skupinového vodovodu Podluží.

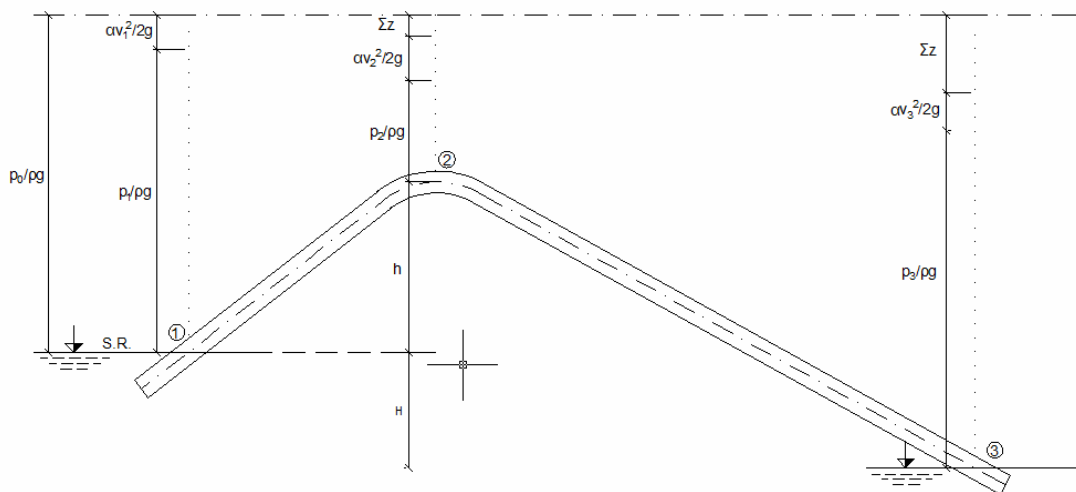
## 2 NÁSOSKOVÉ ŘADY

Násoskou rozumíme část potrubí, pomocí níž lze převádět kapalinu bez čerpání. Pomocí násosky se kapalina převádí z určité úrovně hladiny zdroje kapaliny do nižší potřebné úrovně. Často se násosky využívá při převádění vody přes překážku. Princip násosky je založen na vytvoření podtlaku a to buď zvláštním odsávacím zařízením ve vrcholu násosky (například vývěva) nebo jejím počátečním naplněním.

Při návrhu násosky musí být splněny tři základní podmínky. Pomocí Bernoulliho rovnice a grafického znázornění (Obr.č.2.1) můžeme podmínky odvodit:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + \sum z, \quad (2.1.)$$

- kde  $h_{1,2}...$  geodetická výška v profilu 1,2 [m]  
 $p_{1,2}...$  tlak v profilu 1,2 [Pa]  
 $\alpha_{1,2}...$  Coriolisovo číslo [-]  
 $v_{1,2}...$  střední profilová rychlost v profilu 1,2 [m/s]  
 $z.....$  celkové ztráty (místní a třením) [m]  
 $\rho.....$  měrná hmotnost [kg/m<sup>3</sup>]  
 $g.....$  tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>]



Obr.č. 2.1 Násoskové potrubí

*První podmínka:* Ve vrcholu násosky se vytváří největší podtlak. Aby tedy nastal průtok kapaliny násoskou, musí hodnota tlakové výšky nad vrcholem násosky dosahovat hodnot vyšších jak nulových. To znamená:

$$\frac{p_2}{\rho g} > 0, \quad (2.2.)$$

neboli

$$\frac{p_0}{\rho g} > h + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} + \sum_1^2 z \quad (2.3.)$$

Pomocí rovnice 1.3. je pak možné stanovit maximální teoretické převýšení  $h_{\max}$ , při kterém je ještě zaručena funkce násosky.

*Druhá podmínka:* Z Bernoulliho rovnice pro vrchol násosky a výtokový otvor je možné odvodit, že spád násosky  $H$  musí být větší než součet všech ztrát v násoskovém potrubí, resp. hladina na výtoku (výtokový otvor násosky) musí ležet níž než hladina kapaliny na vstupu do násosky a to minimálně o hodnotu  $\sum z$ .

$$H > \sum z = \sum_1^2 z + \sum_2^3 z \quad (2.4.)$$

*Třetí podmínka:* Pro návrh násosky musí být splněna následující rovnice, která je odvozena z předcházejících závěrů (rovnice 1.1. a 1.3.).

$$\frac{p_0}{\rho g} > H + h + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} - \frac{\alpha \cdot v_3^2}{2g} - \sum_2^3 z \quad (2.5.)$$

V praktických případech se často setkáváme s tím, že plocha nátoky  $S_1$  a plocha výtoky  $S_3$  jsou shodné, resp.  $S_1 = S_3$ . Z toho vyplývá, že i rychlosti jsou si rovny, tedy  $v_1 = v_3$ . V těchto případech pak dochází ke zjednodušení výše uvedené podmínky a to následovně:

$$\frac{p_0}{\rho g} > H + h - \sum_2^3 z \quad (2.6.)$$

V některých případech je možné se setkat s tím, že délka sestupného ramene násosky je výrazně delší než rameno vzestupné. Pro tento případ se pak rovnice změní na rovnici:

$$H + h < \frac{p_0}{\rho g} - \frac{p}{\rho g} + \sum_2^3 z \quad (2.7.)$$

Třetí podmínku pro návrh násosky (rovnice 1.5.) je pak možné splnit pouze za podmínky, že  $v_3 > v$ , resp.  $v_3 = n \cdot v$ , pro  $n > 1$ . Po dosazení do rovnice 1.5. získáme rovnici pro výpočet rychlosti  $v_3$ . Dále, pokud využijeme poznatku rovnosti průtoku v profilech 1 a 3, tedy:

$$S_3 \cdot v_3 = S \cdot v \rightarrow S_3 = \frac{S \cdot v}{v_3}, \quad (2.8.)$$

kde  $S, S_3, \dots$  průtočná plocha [ $m^2$ ]  
 $v, v_3, \dots$  střední průřezová rychlost [ $m/s$ ]

zjistíme, že výtokový otvor je třeba zmenšit.

Tlaková výška  $\frac{p_0}{\rho g}$  je závislá především na nadmořské výšce, teplotě vzduchu a na množství par ve vzduchu. Při výpočtu této tlakové výšky je nutné počítat s tlakem par v nasyceném prostoru, resp. s napětím par  $\tau_p$ , který je závislý pouze na teplotě kapaliny. Rovnice pro kritický atmosférický tlak (absolutní minimum atmosférického tlaku) má pak tvar:

$$\left(\frac{p_0}{\rho g}\right)_{kr} = \left(\frac{p_0}{\rho g}\right)_{\min} - \tau_p \quad (2.9.)$$

Na tlakové a spádové poměry násosky mají vliv jednak tlakové ztráty místní i třením vznikající v obou větvích násosky, dále kritický atmosférický tlak, absolutní tlak v nejvyšším místě násosky, absolutní spád násosky a v neposlední řadě výšková pořadnice hladin na nátoku a výtoku násosky. Celkové tlakové ztráty, které vznikají v násosce, jsou dány výrazem:

$$z_{celk} = \sum_1^2 z + \sum_2^3 z \quad (2.10.)$$

Tlakovou výšku ve vrcholu násosky je možné vypočítat z Bernoulliho rovnice sestavenou pro profily 1 a 2. Avšak při výpočtu je nutné dodržet požadavek, aby tlaková výška ve vrcholu násosky byla minimálně 3m a to z důvodu neúplné těsnosti spojů a pórovitosti potrubí. Část této výšky také představuje zvětšení tlaku a to vlivem napětí par a plynů, které se uvolňují v podtlakové nádrži, další část výšky je závislá na způsobu odvodu násosky. V případě, že je použita podtlaková nádrž pro odvodu násosky, pak se z konstruktivních důvodů umísťuje přibližně 1,5m nad vrchol násosky. Nejvyšší hodnota tlakové výšky ve vrcholu násosky se pohybuje v rozmezí 6 – 7m.

Při splnění uvedených podmínek je možné stanovit kapacitu násosky Q. Kapacita násosky se mění v závislosti na spádu.

V případě, že násoska odvádí vodu z nádrže, je nutné zabezpečit, aby v této vtokové nádrži nedocházelo ke vzniku vírů při činnosti násosky. Vířivý pohyb může nepříznivě ovlivnit práci násosky a tím celého objektu. Vznik vírů je doprovázený přisáváním vzduchu do násosky, čímž dochází ke snížení kapacity násosky a při určitých podmínkách může vést i k přerušení samotné funkce násosky. Vlivem zvýšené rychlosti a sníženého tlaku při vířivém pohybu může dojít ke vzniku kavitace. Dále může také dojít ke chvění násosky a k ohrožení stability celého objektu.

Ve vodárenství se násoskové potrubí používá s výhodou u dlouhé řady studní tam, kde sací výška nepřesahuje 5 – 7m. Voda se násoskou odvádí do sběrné studny, která je umístěna na konci celé násosky. Sběrnou studnou podle konkrétní situace může být i vodojem, ze kterého je další distribuce vody již prováděna samostatně buď gravitačně, nebo dalším čerpáním (NOVÁK, 2003).

Podle sklonu násoskového řadu v prostoru řady jímacích studní rozeznáváme dva typy násosek:

- výstupné – vrchol násosky je umístěn mezi jímacími studněmi a sběrnou studnou
- sestupné – vrchol násosky se nachází u nejvzdálenější studny od sběrné studny

Pokud není možné dosáhnout násoskového řadu ve stejném stoupání (často v plochých územích), navrhuje se stupňovitá násoska.

Pro správný provoz násosky je nutné její spolehlivé odvzdušnění v jejím vrcholu jak při uvedení do provozu, tak i při běžném provozu, protože při podtlaku dochází ke zvětšení objemu vzduchu, který se nachází ve vodě. Tento vzduch se pak vylučuje z vody a společně s vodními parami se koncentruje ve vrcholu násosky. Následně dochází ke snižování průtoku až k úplnému přerušení chodu násosky. Dále je nutná těsnost celého násoskového řadu a jímacích potrubí, které jsou zaústěny do jednotlivých vrtů. Jímací potrubí se proto umísťují tak, aby byla vždy pod hladinou odebírané surové vody. (NOVÁK, 2003)

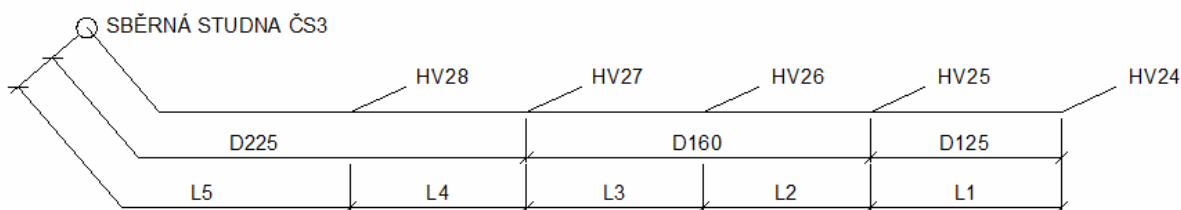
Odvzdušňování se nejčastěji provádí pomocí vývěv. Z hlediska možného vniknutí vody do vývěvy se provádí opatření a to tím, že se vývěva umísťuje cca 15m nad statickou hladinu vody ve sběrné studni a nebo musí být před vývěvou umístěna trubka ve tvaru obráceného U a to do stejné výšky. Také je možné umístit podtlakovou nádrž pod vývěvu s prostorem pro koncentraci vzduchu, který vývěva odsává. Avšak vždy je nutné zajistit nepřetržitý chod násosky. Nepřetržitý chod násosky se zajišťuje automatickým cyklickým vypínáním a zapínáním vývěv podle dolní a horní meze podtlaku nebo v případě vhodného umístění podtlakové nádrže je spínání a vypínání vývěv ovládáno pomocí hladiny v podtlakové nádrži. U stupňovité násosky je nutné odvzdušnit každý vrchol, což vyžaduje dlouhé odsávací potrubí. (NOVÁK, 2003)

Evakuační zařízení by mělo být zdvojené pro případ poruchy. Provoz obou vývěv by měl být po určité době pravidelně střídán, aby byla zaručena provozuschopnost a rovnoměrné opotřebení obou zařízení. Je nutné dodržovat lhůty kontroly technického stavu a provádět předepsanou údržbu zařízení v rozsahu předepsaném výrobcem zařízení a vést evidenci o prováděné údržbě a opravách. Příkon elektrické energie pro vývěvy je nutné jistit přívodem ze dvou nezávislých zdrojů. V případě, že to není možné, je dobré zřízení náhradního zdroje – elektrocentrály. Provádění kontroly

četnosti automatického zapínání chodu a délky provozu vývěv je důležité z hlediska nejlepšího odhalení výskytu případných drobných netěsností na potrubí násosky nebo na vlastním evakuačním potrubí. Identifikace přesného místa výskytu poruchy na podtlakovém potrubí uloženém v zemi je zpravidla obtížnější než na potrubí tlakovém a poruchy jsou z hygienického hlediska nebezpečnější. Nedochází k úniku vody, který by hledání poruchy usnadnil, ale naopak je větší riziko kontaminace dopravované vody přísáváním nečistot z okolního prostředí potrubí. Vlastní hledání poruchy se provádí shodnými přístroji a způsobem jako na potrubí tlakovém. (NOVÁK, 2003)

## 2.1 VZOROVÝ VÝPOČET ZTRÁT NA NÁSOSKOVÉM POTRUBÍ

Jedná se o výpočet ztrát, které vzniknou na násoskovém potrubí. Hodnota ztrát udává minimální rozdíl hladin ve vrtech a ve sběrné studni, do které násoskový řad ústí, který musí být dodržen pro zajištění chodu násoskového řadu. Vstupními parametry pro výpočet byly jednotlivé odběry surové vody z vrtů, profily potrubí, ze kterých je tvořen násoskový řad a délky potrubí dle profilů. K výpočtu byly využity parametry násoskového potrubí v prameništi Podluží. Výpočet ztrát je pak možné provést následovně:



Obr.č. 2.2 Schéma násoskového potrubí

Ze vstupních parametrů odběrů se určí průtok v jednotlivých částech násoskového potrubí:

$$Q = \sum Q_i$$

Z hodnot profilů potrubí se v jednotlivých částech vypočítají průtočné profily potrubí a rychlost v potrubí:

$$S_i = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4},$$

$$v = \frac{\sum Q_i}{S_i}$$

kde  $D_i$  ..... průměr potrubí i [m]  
 $S_i$  ..... průtočná plocha potrubí i [m<sup>2</sup>]  
 $Q_i$  ..... průtok v potrubí i [m<sup>3</sup>/s]  
 $v$  ..... střední profilová rychlost v potrubí i [m/s]  
 $\pi$  ..... konstanta (Ludolfovo číslo) [-]

Pro výpočet ztrát po délce se používá vztah:

$$h_z = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

kde  $L$  ..... délka potrubí [m]  
 $D$  ..... průměr potrubí [m]  
 $v$  ..... rychlost v potrubí [m/s]  
 $\lambda$  ..... součinitel ztrát třením [-]  
 $g$  ..... tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>].

Součinitel ztrát po délce  $\lambda$  závisí na druhu proudění. Pro výpočet součinitele ztrát po délce pro celou oblast vyvinutého turbulentního proudění platí Colebrook – Whiteovův vztah:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta}{3,71 \cdot D} \right),$$

kde  $\lambda$  ..... součinitel ztrát třením [-]  
 $\text{Re}$  ..... Reynoldsovo kritérium [-]  
 $D$  ..... průměr potrubí [m]  
 $\Delta$  ..... absolutní drsnost potrubí [m].

Pro výpočet Reynoldsova kritéria platí vztah:

$$\text{Re} = \frac{v_i \cdot D_i}{\nu},$$

kde  $\nu$  je kinematická viskozita vody. Uvažovaná hodnota ve výpočtech je  $1,3101 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s. Drsnost potrubí  $\Delta$  se určuje na základě tabulkových hodnot. Drsnost polyethylenového potrubí se pohybuje v rozmezí 0,0015 – 0,01. Celková ztráta třením je pak dána součtem jednotlivých ztrát po délce.

Při výpočtu ztrát v násoskovém potrubí je nutné uvažovat i místní ztráty vznikající v místech kónického rozšíření potrubí (redukce potrubí), v místech spojení proudů (T – kusy) a v místech zalomení potrubí (kolena). Vztah pro výpočet místních ztrát je:

$$h_m = \xi_i \cdot \frac{v_i^2}{2g},$$

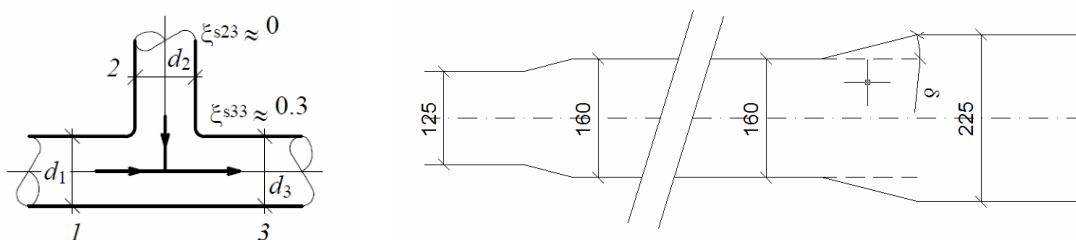
kde  $v_i$  ..... rychlost v potrubí [m/s]  
 $\xi_i$  ..... součinitel místních ztrát [-]  
 $g$  ..... tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>].

Součinitele místních ztrát pro kónické rozšíření je možné stanovit na základě vztahu:

$$\xi = \psi \cdot \left( \frac{d_2^2}{d_1^2} - 1 \right)^2,$$

kde  $d_{1,2}$  ..... průměry potrubí [m]  
 $\psi$  ..... součinitel [-].

Součinitel  $\Psi$  je dán úhlem rozšíření  $\delta$ .



Obr.č. 2.3 Místní ztráty (Jandora, Hlavínek, 1996)

Celková místní ztráta je pak dána součtem jednotlivých místních ztrát.

Tab.č. 2.1 Výpočet ztrát v násoskovém potrubí

úsek	L[m]	Q [l/s]	ΣQ [l/s]	DN [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	h <sub>z</sub> [m]	h <sub>m</sub> [m]	h [m]
HV24 - HV25	118	0,5	0,5	125	0,012	0,041	0,003	-	-
HV25 - HV26	127	0,7	1,2	150	0,018	0,068	0,007	-	-
HV26 - HV27	121	1	2,2	150	0,018	0,124	0,018	-	-
HV27 - HV28	186	1,5	3,7	200	0,031	0,118	0,018	-	-
HV28 - SB	64	3	6,7	200	0,031	0,213	0,017	-	-
<b>Σ</b>	-	-	-	-	-	-	0,063	0,001	<b>0,063</b>

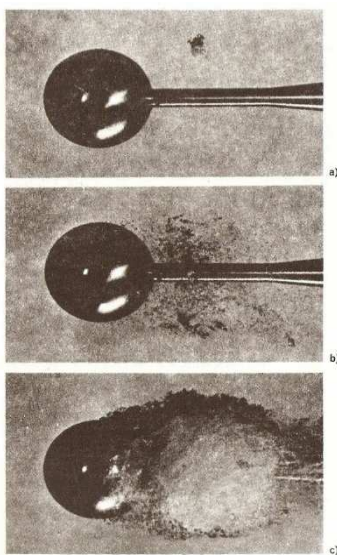
Z výpočtu je patrné, že rozdíl hladin H (rozdíl hladiny ve vrtu HV24 a hladiny ve sběrné studni) musí být minimálně 0,063m pro zajištění správné funkce násoskového řadu.

Výše uvedený výpočet ztrát na násoskovém potrubí je založen na známých odběrech z jednotlivých jímacích vrtů. Ve skutečnosti jsou většinou známy výšky hladin v jímacích vrtech, které jsou zjišťovány pravidelným měřením provozovatele prameniště. V tomto případě je výpočet ztrát na násoskovém potrubí, resp. zjištění minimálního rozdílu hladin ve sběrné studni a jímacích vrtech, při kterém ještě nedochází k přerušení funkce násosky, složitější. Výpočet je založen na stejném principu, avšak vede na řešení n-rovnic o n-neznámých.



## 2.2 KAVITACE V NÁSOSKOVÉM POTRUBÍ

Přítomnost vzduchu ve vodě může způsobit tzv. kavitaci. Kavítace je fyzikální jev v kapalině, při kterém dochází ke vzniku, vývoji a zániku kavitačních dutin vyplněných vodními parami nebo plyny. Vznik kavitace závisí především na tlaku a teplotě v daném místě. Tlak, při kterém dochází ke kavitaci (tzv. kavitační tlak), je blízký tlaku nasycených par při dané teplotě. Při dosažení tohoto tlaku dochází k porušení spojitosti kapaliny a vzniká kavitační dutina. V případě, že hodnota tlaku zůstává stejná nebo tlak stále klesá, kavitační dutina se zvětšuje. V proudící kapalině se kavitační dutina přemísťuje do míst s vyšším tlakem a v těchto místech dochází k jejímu zániku (tzv. imploduje). Při zániku kavitační dutiny dochází ke zvýšení napětí i teploty v daném místě. Také dochází k poškození materiálu.



Obr.č. 2.4 Vývoj kavitace – a) počáteční kavitace, b) částečně vyvinutá kavitace, c) plně vyvinutá kavitace (Kianička, 2010)

V násoskových řadech se můžeme setkat s kavitačním jevem z důvodu přítomnosti vzduchu, příp. vodních par. V tomto případě je kavitace nežádoucím jevem z důvodu kavitační eroze – poruše materiálu potrubí. Pro zabránění kavitace slouží odsávací zařízení (nejčastěji vývěva), které je regulováno polohou hladin v podtlakové nádrži nebo pomocí stanovených mezí podtlaku na vývěvě.

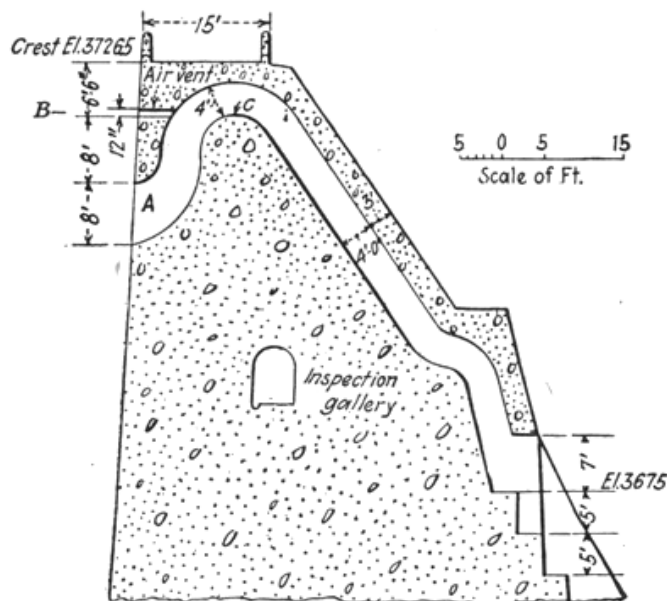
### 2.2.1 Kavítace v násoskových potrubích v prameništi Podluží

Z výše uvedených informací vyplývá, že ke kavitaci v potrubí dochází v případě poklesu tlaku k hodnotě blízké tlaku nasycených par. Teplota vody v prameništi skupinového vodovodu Podluží je průměrně 11°C, čemuž odpovídá tlak nasycených par 1,31kPa. Vývěvy v evakuačních stanicích násosek dokáží vytvořit absolutní tlak 10kPa. Z toho vyplývá, že v násoskovém řadu v prameništi Podluží je vzniku kavitace zabráněno díky bezpečnostní rezervě vývěvy, která činí 8,69kPa.

## 2.3 VYUŽITÍ NÁSOSEK

V praxi se můžeme setkat s použitím násosek na různých místech. Používají se například pro automatickou regulaci polohy hladiny v nádržích, při dopravě vody z pramenišť, dále mohou být součástí větších zařízení jako jsou například turbíny či závlahová zařízení.

Jak je výše uvedeno, mohou se násosky používat pro automatickou regulaci polohy hladiny v nádržích. V tomto případě se jedná o násoskové přepady. Při návrhu násoskových přepadů je nutné jednak stanovit kapacitu násosky a jednak změny tlakových pořadnic v jejím hrdle a to z toho důvodu, aby případné podtlaky neohrozily betonovou stavbu. Příklad násoskového přepadu je znázorněn na Obr.č.2.5.



Obr.č. 2.5 Násoskový přepad – přehrada O'Shaughnessy (San Francisco, California) (Babbitt, 1939)

Přepady fungují na principu odsávání. Efektivní dopravní výška  $h$  je rozdíl výšky hladiny v nádrži a ve středu vyprazdňovacího otvoru nebo výšky konce vody ponořeného výtoku. Kapacitu násoskového přepadu lze vypočítat podle vzorce:

$$Q = 0,65 \cdot S \cdot \sqrt{2gh_e}, \quad (2.11.)$$

kde  $S$  ..... plocha vtoku [ $m^2$ ]

$h_e$  .....efektivní dopravní výška [m]

$g$  ..... tíhové zrychlení [ $m/s^2$ ].

(BABBITT, 1939)

Princip fungování násoskového přepadu je následující: Voda natéká do násosky otvorem A. V okamžiku, kdy je hladina v nádrži nad kótou C, dochází k plnění násosky. S pokračujícím narůstáním nad otvor B je vypouštěno větší množství vody. V průběhu vypouštění dochází k odstranění vzduchu z kanálu. Vypouštění vody pokračuje až do fáze, kdy voda v nádrži poklesne pod kótu otvoru B. Poté dochází

k přerušení vypouštění vody. Mezi výhody násoskových přepadů patří například vysoká rychlost vypouštění v rámci omezeného prostoru, automatika procesu, nejsou potřebné žádné pohyblivé části. Mezi nevýhody násoskových přepadů lze zařadit nebezpečí ucpání úlomky z ledu a jsou finančně náročnější. (BABBITT, 1939)

Dále se násosky používají ve vodárenství při zásobování obyvatelstva vodou a to pro dopravu vody z pramenišť na úpravnu vody nebo na čerpací stanice, které dopravují vodu na úpravnu vody. S násoskami se můžeme setkat například na prameništi Moravská Nová Ves, které je tématem této práce, nebo na prameništi, které se nachází v okolí Březové nad Svitavou a slouží pro zásobování města Brna pitnou vodou.



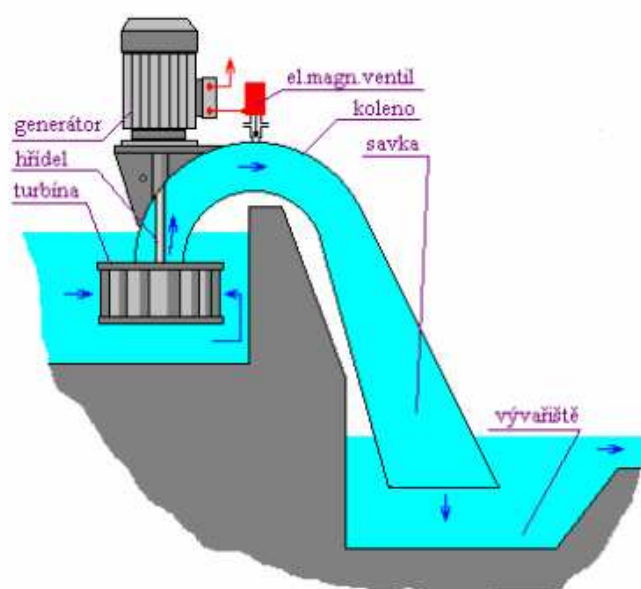
Obr.č. 2.6 Prameniště Moravská Nová Ves – pohled na jímací vrty



Obr.č. 2.7 Štola násosky I. březovského vodovodu v prameništi Březová nad Svitavou (zdroj: [www.bvk.cz](http://www.bvk.cz))

Násosky mohou být dále součástí turbíny. Jedná se o velmi jednoduchou přetlakovou turbínu, která má průměr oběžného kola přibližně 550mm. Skládá se z litinové komory a plechové sací roury. Lopatky turbíny, jak oběžné, tak i rozváděcí, jsou pevně přidělány a není tedy možná regulace. Turbína pracuje s asynchronním motorem

v generátorovém chodu a v tzv. režimu „START – STOP“ a pro její spuštění je nutné, aby měla vlastní elektromotor. Při spuštění turbíny nejdříve pracuje turbína jako čerpadlo. Po zaplnění násosky přechází turbína do tzv. turbínového chodu. Tato turbína je vhodná pro spád v rozmezí 2 – 6 metrů a pro průtok  $0,8\text{m}^3/\text{s}$ . Pro použití turbíny je nutné, aby byl konstantní průtok i konstantní hladina. Poté se účinnost turbíny pohybuje okolo 80%. Jak je výše uvedeno, výhodou těchto turbín je jejich jednoduchá konstrukce, nevýhodou je však jejich nízká účinnost. Tyto tzv. násoskové turbíny je vhodné používat u velmi malých vodních elektráren, tedy vodních elektráren s výkonem pod 35kW. Konstrukci násoskové turbíny můžeme vidět na Obr.č.2.8.. (ABECEDA MALÝCH VODNÍCH POHONŮ, 2011 [online] )



Obr.č. 2.8 Násosková turbína (zdroj: mve.energetika.cz)

### 3 ANALÝZA RIZIK NÁSOSKOVÝCH ŘADŮ

Jak již bylo výše uvedeno, analýza rizik vodárenských systémů je na počátku svého rozvoje. Na základě legislativních změn stávající směrnice 98/83/ES o jakosti vody určené k lidské spotřebě, u které se předpokládá zakotvení povinnosti vodárenských společností zavádět systém hodnocení a řízení rizik do procesu výroby a distribuce pitné vody, se objevuje metodická a technická podpora pro splnění požadavků směrnice. Uskutečňují se dva významné vědecko-výzkumné evropské projekty – TECHNEAU a COST Action C19. Také vznikají webové portály, které se specializují na zmíněnou problematiku. Na výše zmíněné projekty navázal český projekt Národního programu výzkumu II č. 2B06039 – Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou – WaterRisk. Projekt WaterRisk probíhal v letech 2006 – 2010 a výsledkem projektu je vytvoření metodiky implementace principu analýzy rizik u veřejných vodovodů. (TUHOVČÁK, 2010)

Metodika WaterRisk je souhrn postupů a pravidel pro provádění analýzy rizik celého systému zásobování pitnou vodou. Metodika se skládá z několika kroků, které na sebe navazují. Jedním z prvních kroků je definování jednotlivých prvků systému. Pro tento účel byl vytvořen Katalog prvků, ve kterém jsou prvky vodovodního systému členěny do tří hlavních skupin – vodní zdroj, úprava vody a distribuční systém. Skupina Vodní zdroj je dále členěna na prvky základní úrovně Podzemní vodní zdroj a Povrchový vodní zdroj. V Katalogu prvků v podskupině Podzemní vodní zdroj jsou uvedeny běžně se vyskytující způsoby jímání vody, avšak odběr vody pomocí násoskových systémů není metodikou řešen. Z tohoto důvodu je v následujícím textu přistoupeno k definování nejfrekventovanějších nežádoucích stavů násoskových řadů a jejich rizikových faktorů.

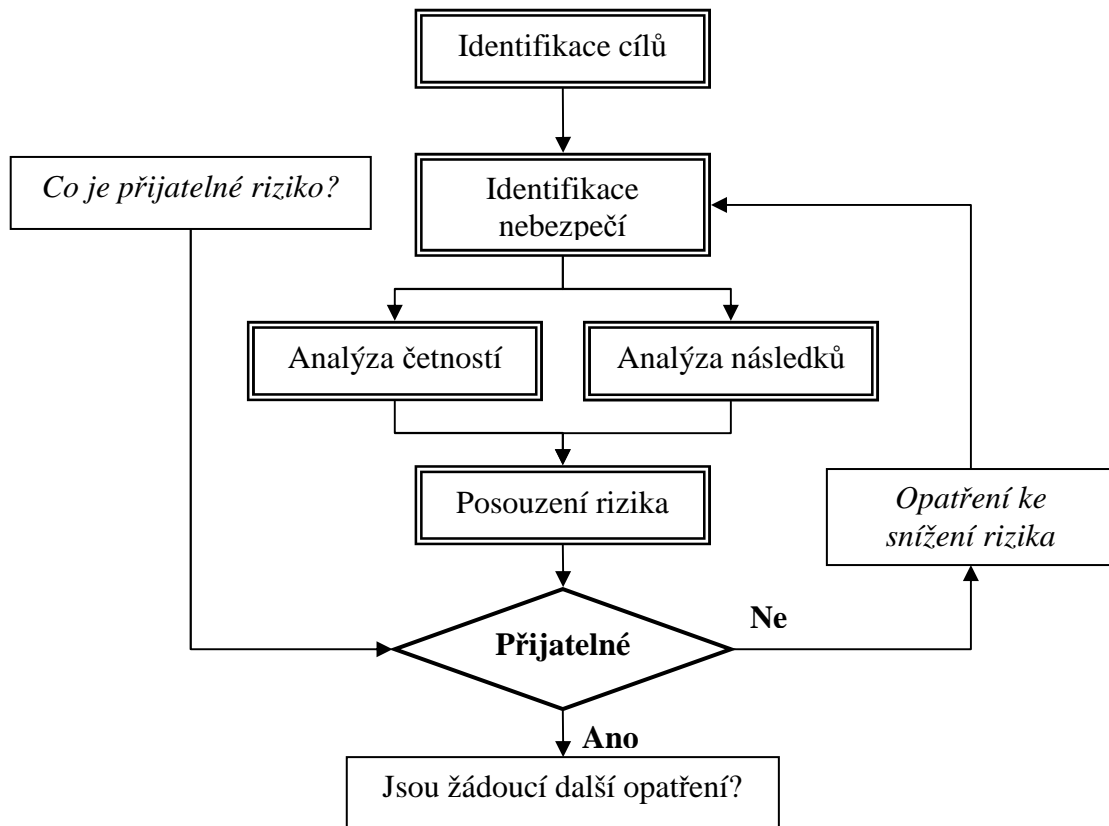
#### 3.1 ÚVOD DO ANALÝZY RIZIK

Analýzu rizik je možné obecně popsat jako systematické využívání dostupných informací k identifikaci možných nebezpečí a ke kvantifikaci rizik, které plynou z identifikovaných nebezpečí. Jedná se o preventivní přístup, který je založen na aktivním vyhledávání nežádoucích stavů, jejich analyzování a posuzování. Posuzování nežádoucích stavů je prováděno s ohledem na možné následky, které mohou být způsobeny jednotlivcům, populaci, systémům a životnímu prostředí. Analýza rizik je jednou ze součástí systému řízení rizik, jak je ukázáno na Obr.č. 3.1. Snaží se nalézt odpověď na tři základní otázky:

*Co by se mohlo pokazit?* - Metoda identifikace nebezpečí a nežádoucích stavů

*S jakou pravděpodobností se to stane?* – Metoda analýzy četnosti a pravděpodobnosti vzniku

*Jaké budou následky?* – Metoda analýzy následků.  
(TUHOVČÁK, 2010)



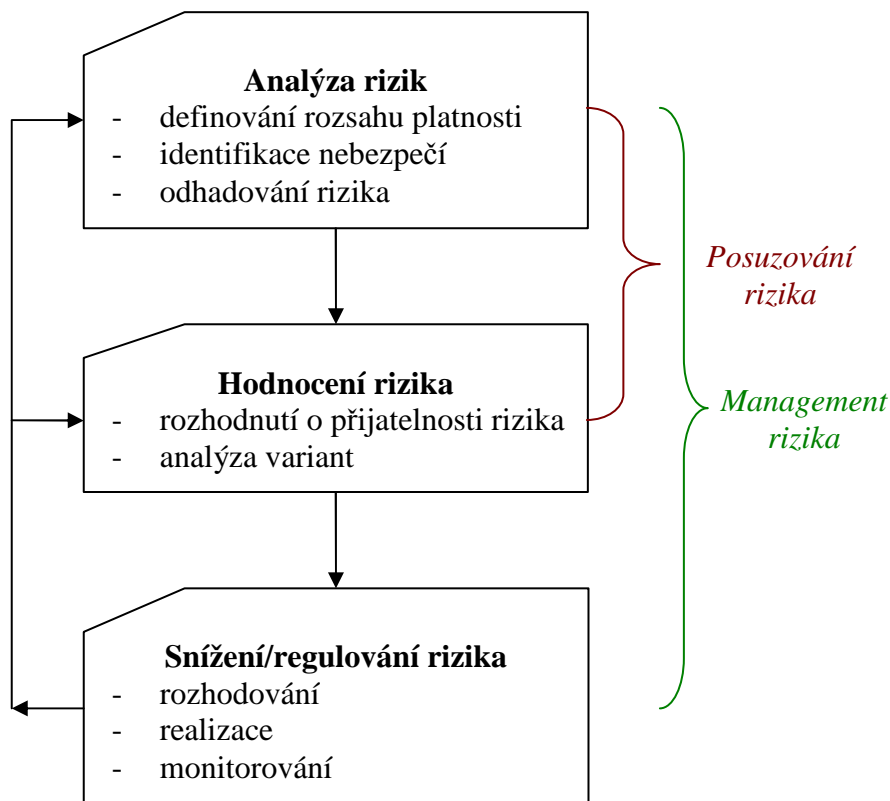
**Obr.č. 3.1** Proces analýzy a řízení rizik (Tuhovčák, 2010)

V analýze rizik je důležité porozumět pojmu riziko. Riziko  $R$  nemá dosud žádnou všeobecně a kompletně uznávanou definici. Každý obor, který aplikoval teorii analýzy rizik, zavedl vlastní terminologii a tedy i novou definici rizika. V rámci metodiky WaterRisk je riziko definováno v souladu s ČSN IEC 300, a to jako kombinace četnosti a pravděpodobnosti vzniku specifikovaného nežádoucího stavu a jeho následků. Riziko má tedy minimálně dvě složky. Jedná se o četnost (pravděpodobnost)  $P$ , se kterou se nežádoucí stav vyskytuje, a následky nežádoucího stavu  $C$ . Vyjadřuje se vztahem:

$$R = P \times C . \quad (3.1)$$

(TUHOVČÁK, 2010)

Z výše uvedených informací vyplývá, že pro kvantifikaci rizika je nutné vyhodnotit oba jeho parametry. Jestliže tedy jedna z jeho složek neexistuje, neexistuje ani riziko. Obr.č.3.2 znázorňuje posuzování a management rizika.



Obr.č. 3.2 Posuzování a management rizika (Tuhovčák, 2010)

### 3.2 VSTUPNÍ DATA PRO ANALÝZU RIZIK NÁSOSKOVÝCH ŘADŮ

Vstupní data jsou pro analýzu rizik jednou z nejdůležitějších věcí, protože jejich správnost a kvalita má vliv na výsledek samotné analýzy. Je zřejmé, že čím jsou k dispozici data přesnější a podrobnější, tím je výsledek analýzy také přesnější a je možné na základě této analýzy provádět konkrétnější závěry pro další provozování vodovodní sítě.

Vstupní data pro analýzu rizik násoskových řadů byla získána především z teoretických poznatků o násoskách a z konkrétního provozu násoskových řadů. Z konkrétního provozu byly získány informace o nejčastějších závadách, které nastávají při provozování násosek, a také zkušenosti z jejich provozování. Pro zajištění přesnějších dat byla provedena obhlídka konkrétního prameniště v Moravské Nové Vsi (MNV).

### 3.3 ANALÝZA PORUCH NÁSOSKOVÝCH ŘADŮ

V rámci obhlídky prameniště byl poskytnut vedoucím úpravny vody MNV provozní deník čerpací stanice ČS3. Provozní deník byl jedním z hlavních podkladů sloužících k definování nežádoucích stavů, které mohou na násoskových řadech nastat.

V provozním deníku byly zaznamenány jednak poruchy na jednotlivých částech čerpací stanice, a dále pak údaje o provedených údržbách. Údaje byly uvedeny od roku 2003 do současnosti. Pro vyhodnocení četnosti jednotlivých poruch a údržby byla použita data od roku 2003 do roku 2010.

Zpracování provozního deníku bylo založeno na zjištění četnosti jednotlivých událostí. Události byly rozděleny do 6 skupin:

- strojní část
- stavební část
- elektroinstalace
- měření a regulace
- údržba
- jiné.

### **Strojní část**

Do této skupiny byly zařazeny následující události: poruchy a výměna vývěv, poruchy a výměny ostatních strojních částí evakuační stanice (hrnce vývěv, části zařízení – například spojky u vývěv) a poruchy a výměny čerpadel.

### **Stavební část**

Do skupiny byly zařazeny opravy a výměny na potrubích. Jednalo se o násosková potrubí, odtoková potrubí a potrubí k vývěvám. Dále jsme zařadili do této skupiny opravy hadic, poruchy tvarovek apod.

### **Elektroinstalace**

Jednalo se o poruchy PC na velínu, opravy manostatu a frekvenčního měniče, opravy elektrických rozvodů v čerpací stanici apod. Tato skupina byla zastoupena nejmenším počtem událostí.

### **Měření a regulace**

Pro řízení provozu jsou důležitá měřicí a regulační zařízení. Z měřících zařízení se jedná například o plováková měřidla, tenzometry, manometry, průtokoměry. Z regulačních zařízení je to například zpětná klapka a šoupátka. V rámci skupiny byla posuzována především četnost oprav a výměn těchto zařízení, případně jejich součástí.

### **Údržba**

V rámci skupiny Údržba se jednalo o četnost proplachování potrubí, doplňování vody do hrnců vývěv, čištění jednotlivých zařízení jako elektrod, evakuační nádrže, sběrné studny, průtokoměrů či plováků. Dále byly do skupiny zařazeny zkoušky zařízení.



## Jiné

Do skupiny byly zařazeny přírodní jevy, které způsobují poruchy na čerpací stanici a dalších zařízeních. Jedná se například o výpadek elektrického proudu. Dále byly do skupiny přiřazeny události, které nebylo možné jednoznačně zařadit do předcházejících skupin, například odstavení ČS.

Z hlediska oprav a výměn je z uvedených skupin nejvíce postižena skupina Strojní část. U násosek se jedná o evakuační stanici, která zajišťuje jejich správný chod a to vytvářením nutného podtlaku. V rámci zpracování provozního deníku byla do této skupiny zařazena i čerpadla, která zajišťují dopravu vody výtlačným potrubím do úpravny vody v Moravské Nové Vsi, avšak na funkci násoskových řadů nemají vliv. Důvodem nejčastějších oprav těchto zařízení je styk se surovou vodou, která obsahuje vysoké množství železa a manganu, které způsobuje vznik inkrustů a dochází tak k zanášení těchto zařízení. Dále pak náročnost na jejich chod – u čerpadel se jedná o nepřetržitý chod, u vývěv dochází k sepnutí a vypnutí v závislosti na hladinách v podtlakové nádrži.

Nejméně postiženou skupinou je skupina Elektroinstalace, pomineme-li skupinu Jiné závady, ve které jsou zařazeny závady vlivem přírodních jevů, příp. výpadek elektrické energie.

Prameniště Moravská Nová Ves prošlo v druhé polovině roku 2009 rekonstrukcí (viz. kapitola 4.1.3. Prameniště skupinového vodovodu Podluží). V rámci rekonstrukce došlo k výměně starých litinových násoskových řadů za nové násoskové řady z polyethylenu. Získaná data v provozním deníku je možné rozdělit na data před rekonstrukcí a data po rekonstrukci. Na základě dat lze konstatovat, že rekonstrukcí došlo k poklesu četnosti výskytu poruch, oprav a výměn jednotlivých částí čerpací stanice a násoskových řadů. Pouze ve skupině Měření a regulace k poklesu nedošlo, což je dáno především kvalitou dopravované vody, která má vysoký podíl železa a manganu. Jelikož se jedná o citlivá zařízení, dochází k jejich zanášení a tím k častějším opravám či výměnám.

Zpracování dat z provozního deníku bylo provedeno do tabulky (Tab.č.3.1).

**Tab.č. 3.1 Četnost událostí na čerpací stanici ČS3 v prameništi MNV**

	Charakteristika	Četnost výskytu [rok]								Průměrný výskyt za rok
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
strojní část	poruchy, opravy a výměny strojních částí ČS - čerpadla, vývěvy	6	5	3	10	1	3	5	1	4,3
stavební část	poruchy, opravy, výměny potrubí a armatur; výměny těsnění, hadic, ...	5	5	3	2	2	3	4	0	3,0
elektroinstalace	opravy a výměny frekvenčních měničů, manostatu, ...; ovládací zařízení ČS	1	2	2	2	1	2	1	0	1,4
měření a regulace	poruchy, opravy a výměny průtokoměrů, zpětných klapek, elektrod, plováků, tlakových ventilů, ...	6	8	8	4	0	6	2	6	5,0
údržba	čištění jednotlivých zařízení na ČS, proplachy potrubí, doplňování vody do hrců, ...	17	0	51	65	70	69	74	53	49,9
jiné závady	přírodní jevy - bouřky, povodně, ...; výpadek elektrické energie	0	0	1	0	0	1	0	0	0,3

### 3.4 IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ

Nebezpečí, která mohou vyvolat nežádoucí stav ve vodovodním systému, je možno rozdělit do tří skupin. Jedná se o přírodní nebezpečí, společenská nebezpečí a technologická nebezpečí.

Přírodní nebezpečí jsou způsobena přírodními vlivy, jako je sluneční záření, vítr, voda apod. V případě násoskových řadů se jedná o následující přírodní nebezpečí:

- zásah bleskem, elektrický výboj
- znečištění biologickým odpadem
- znečištění povrchovou vodou
- podzemní voda
- zvláštní přírodní jevy – povodeň, zemětřesení, sesuvy půdy, sedání
- činnost živočichů
- činnost mikroorganismů
- prorůstání kořeny stromů a keřů

Další skupinou nebezpečí jsou nebezpečí společenská, mezi něž patří například údržba, obsluha, činnost osob v povodí. U násoskových řadů se mohou vyskytnout následující společenská nebezpečí:

- obsluha
- údržba
- způsob provozování
- plánování, provádění oprav
- znečištění průmyslové a zemědělské
- lesní hospodaření
- stará ekologická zátěž
- vandalismus, terorismus, sabotáž

Poslední skupinou nebezpečí jsou technologická a technická nebezpečí. Tato nebezpečí jsou vyvolána technickými vlivy, mezi které patří například poruchy. U násosek se můžeme setkat s těmito technickými a technologickými nebezpečími:

- porucha dodávky elektrické energie
- porucha měřidel
- nevhodné vlastnosti dopravované vody
- neprůchodnost potrubí
- nevyhovující hydraulická kapacita
- skrytá stavební vada
- bludné proudy
- koroze

- nedostatečné krytí násossek

### 3.5 DEFINICE NEŽÁDOUCÍCH STAVŮ

Nežádoucí stav je takový stav systému, kdy prvek systému ztratí požadovanou vlastnost nebo schopnost plnit požadovanou funkci. V případě vzniku nežádoucího stavu dochází ke vzniku nežádoucích následků.

Na základě získaných vstupních dat byly pro násoskové řady definovány tři nežádoucí stavy. Jedná se o nedostatečnou hydraulickou kapacitu násoskového, přerušení dodávky surové vody a kontaminaci surové vody v násoskovém potrubí. Nežádoucí stavy a jejich limitní stavy jsou uvedeny v Tab.č.3.2:

Tab.č. 3.2 Definované nežádoucí stavy

Označení	Název	Limitní stav
NS1	<i>Nedostatečná hydraulická kapacita násoskového potrubí</i>	Pokles dodávaného množství pod požadovanou mez
NS2	<i>Přerušení dodávky surové vody</i>	Úplné přerušení dodávky vody, nefunkčnost násoskového potrubí
NS3	<i>Kontaminace surové vody v násoskovém potrubí</i>	Ztížení úpravy surové vody na požadavky pitné vody

Každý nežádoucí stav je popsán několika rizikovými faktory. Rizikové faktory jsou skutečnosti, které ovlivňují pravděpodobnost daného nežádoucího stavu.

Rizikové faktory pro definované nežádoucí stavy násoskových řadů jsou následující:

- NS1: - inkrustace v potrubí
  - nedostatečná údržba
  - netěsnost potrubí a armatur
- NS2: - porucha evakuační stanice
  - porucha regulačních zařízení
  - zablokování potrubí, ucpání sacího koše
  - zvýšení požadovaných odběrů surové vody
- NS3: - přísátí znečištěné podzemní vody do násoskového potrubí

Jednotlivým rizikovým faktorům je přiděleno bodové hodnocení, které vyjadřuje míru závažnosti vzniklého problému.

### 3.5.1 Popis nežádoucích stavů a jejich rizikových faktorů

#### NS1\_Nedostatečná hydraulická kapacita násoskového potrubí

*Postižený prvek systému zásobování vodou SZV:*

##### 1.1\_Jímání

*Vliv na další části SZV:*

##### 2.1\_Úprava vody

*Popis nežádoucího stavu:*

Nežádoucí stav je charakterizován postupným snižováním kapacity násosky. Tím dochází ke snížení dodávaného množství surové vody a to až pod požadovanou mez. Předpokládá se systém jak s úpravnou vody, tak systém bez úpravy vody. Nebezpečí, které vyvolává nežádoucí stav, může být původu technologického a technického nebo společenského.

*Jednotlivá nebezpečí:*

Společenská nebezpečí: ■ údržba

■ způsob provozování

Technická a technologická nebezpečí: ■ nevhodné vlastnosti dopravované vody

■ neprůchodnost potrubí

■ koroze

*Seznam rizikových faktorů nežádoucího stavu:*

- F1\_Inkrustace v potrubí
- F2\_Nedostatečná údržba - HOTSPOT
- F3\_Netěsnost potrubí a armatur

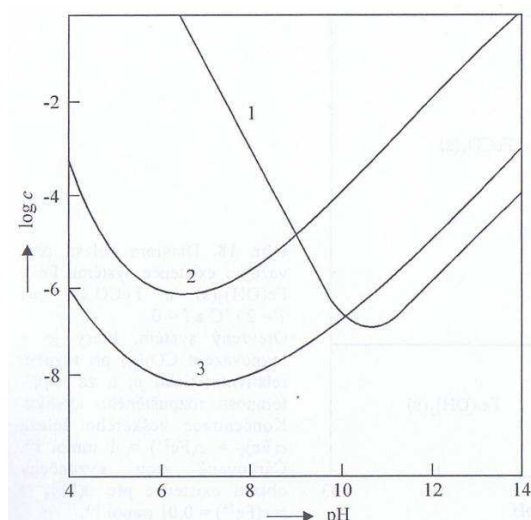
*Rizikové faktory:*

#### **F1\_Inkrustace v potrubí**

Komentář k rizikovému faktoru:

Vysoký obsah manganu a železa způsobuje vznik inkrustů v násoskovém potrubí a tím dochází ke snížení průtočného profilu potrubí. Zhoršení hydraulických poměrů vlivem inkrustace může ovlivnit dodávku vody v potřebném množství a tlaku, čerpané množství a v poslední řadě zvýšit spotřebu elektrické energie.

Železo se obecně vyskytuje ve vodách ve formě železitých a železnatých sloučenin. Forma výskytu železa ve vodách závisí na hodnotě pH, oxidačně – redukčním potenciálu a komplexotvorných látkách přítomných ve vodě. Závislost koncentrace železnatých a železitých iontů na hodnotě pH je znázorněna na Obr.č.3.3.



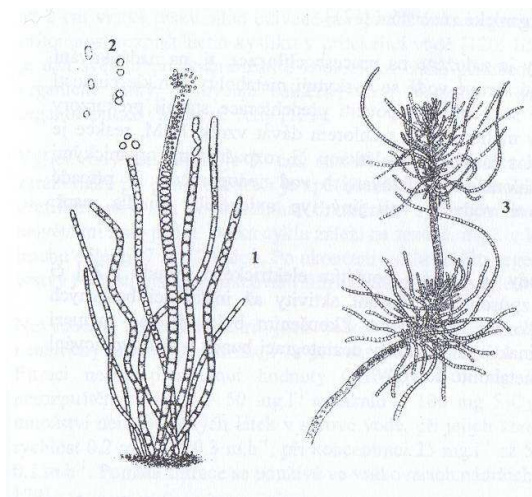
**Obr.č. 3.3** Diagram rozpuštěnosti amorfních hydroxidů – 1.  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , 2.  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , 3.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (Pitter, 1999)

V podzemních vodách, které neobsahují rozpuštěný kyslík, se rozpuštěné železo vyskytuje v oxidačním stupni II a to v koncentracích, které dosahují i desítek mg/l. Z takovýchto vod se při protřepání vylučuje sraženina hydratovaného oxidu železitého. K tomu však nedochází u vod silně kyselých a vod obsahující organicky vázané formy  $\text{Fe}^{\text{II}}$ . Hodnota pH podzemních vod se pohybuje v rozmezí 6,5 – 8. Železo ve vodách negativně ovlivňuje organoleptické vlastnosti (barva, chuť, zákal).

Zvýšená koncentrace železa v přírodních vodách je obvykle doprovázena zvýšenou koncentrací manganu. Manganu bývá obvykle méně než železa. Mangan se může vyskytovat v rozpuštěné a nerozpuštěné formě především v oxidačním stupni II, III a IV. Za nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku a jiných oxidačních činidel, tedy například v podzemních vodách, je nejstabilnější formou výskytu  $\text{Mn}^{\text{II}}$ . (PITTER, 1999)

Na přeměnách forem železa ve vodách se podílejí železité bakterie. Železité bakterie se přirozeně vyskytují v mělké půdě a v podzemních vodách a do studní mohou být zavedeny při výstavbě a opravách. Železité bakterie oxidují dvojmocné železo na trojmocné soli. Tyto soli si ukládají do svých membrán a tvoří pevné rezavé kapsule. Železité bakterie jsou také schopné oxidovat dvojmocný mangan na čtyřmocný, který poté ukládají v pouzdrech, kterými jsou jejich buňky vybaveny. Oxidací manganu vznikají inkrusty hnědé až černé barvy, kde výsledné zbarvení určuje množství bakterií (AMBROŽOVÁ, 2001).

K železitým bakteriím patří např. *Leptotrix*, *Crenotrix polyspora*, *Gallionella* a další. Oxidace železa i manganu bakteriemi probíhá v podmínkách nižšího pH, což jsou podmínky, při kterých neprobíhá chemická oxidace. Při oxidačních procesech se také uvolňuje vodík, který podporuje vylučování dvojmocného železa z potrubí, a tedy způsobuje jeho korozi (tzv. důlková koroze). (MALÝ, MALÁ, 2006)



**Obr.č. 3.4** Železitá bakterie *Crenothrix polyspora* (Ambrožová, 2001)

Z výše uvedeno vyplývá, že železité bakterie způsobují nejzávažnější problémy v přírodních potrubích a v technologických celcích. (AMBROŽOVÁ, 2001)

Rozmezí množství železa Fe a manganu Mn pro bodové hodnocení rizikového faktoru F1 nežádoucího stavu NS1 bylo stanoveno na základě požadavků vyhlášky č.428/2001 Sb., kterou se provádí zákon 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, a vyhlášky č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, a dále na základě poznatků z provozování úpravní vody v Moravské Nové Vsi. Vyhláška č.428/2001 Sb. stanovuje mezní hodnotu železa v surové podzemní vodě z hlediska jejího možného upravení na pitnou vodu 20mg/l, vyhláška č.252/2004 Sb. stanovuje mezní hodnotu železa v pitné vodě 0,2mg/l (již při hodnotě 0,5mg/l se objevuje zákal). Zkušenosti na úpravně vody Moravská Nová Ves ukazují, že již koncentrace železa 8mg/l v surové podzemní vodě způsobuje problémy při její úpravě.

#### Seznam souvisejících nebezpečí:

- 1.20\_Činnost mikroorganismů
- 2.02\_Způsob provozování
- 2.03\_Údržba
- 3.06\_Nevhodné vlastnosti dopravované vody

**Tab.č. 3.3 Hodnocení faktoru F1 pro stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu NS1**

Hodnocení faktoru - popis	Bodové ohodnocení
Dlouhodobé zvýšení obsahu železa a manganu v surové vodě - množství Fe > 3mg/l, množství Mn > 1mg/l, a/nebo Stáří potrubí více jak 40 let.	3
Sezónní výkyvy obsahu železa a manganu v surové vodě - množství Fe v rozmezí 1 - 2mg/l, množství Mn v rozmezí 0,5 - 1mg/l, a/nebo Stáří potrubí v rozmezí 10 - 40 let.	2
Surová voda neobsahuje zvýšené množství manganu a železa - množství Fe < 1mg/l, množství Mn < 0,5mg/l, a/nebo Stáří potrubí méně jak 10 let.	1

Časová platnost analýzy četností: 5 let

Data potřebná k provedení analýzy:

- rozbory surové vody za posledních 5 let
- záznamy o provedené údržbě jímacího zařízení
- hydrogeologický průzkum
- fyzická prohlídka objektu a jeho okolí
- platné legislativní předpisy
- informace o biofilmech, inkoustech a sedimentech v potrubí



**Obr.č. 3.5** Inkrusty na plastovém potrubí



**Obr.č. 3.6** Inkrusty na litinovém potrubí

## **F2\_Nedostatečná údržba – HOTSPOT**

Komentář k rizikovému faktoru:

Nepravidelná, nedostatečná nebo špatně zvolená údržba násoskového potrubí vede ke snížení průtočného profilu násosky a celkově ke zhoršení jejího technického stavu.



Druhotně může zhoršit kvalitu dodávané surové vody. Údržba je stanovena v provozním řádu.

Četnost údržby je u různých násoskových řadů různá a důvody k čištění mohou být odlišné. To je dáno jednak kvalitou dopravované vody (tvorba inkrustů – viz. F1 – Inkrustace v potrubí), dále pak druhem použitého trubního materiálu a úpravou vnitřního povrchu trub. Nejčastějším důvodem pro čištění potrubí je kvalita dopravované vody. Čištění násoskového potrubí by mělo být prováděno v rámci běžné údržby. Provádí se mechanickými nebo hydraulicko – mechanickými technologiemi. Správným vyčištěním potrubí je dosaženo zlepšení hydraulických vlastností potrubí jako například rychlosti proudění surové vody.

Seznam souvisejících nebezpečí:

- 2.02\_Způsob provozování
- 2.03\_Údržba
- 3.06\_Nevhodné vlastnosti dopravované vody

**Tab.č. 3.4 Hodnocení faktoru F2 pro stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu NS1 (Tuhovčák, 2001)**

Hodnocení faktoru - popis	Bodové ohodnocení
Údržba je prováděna náhodně nebo nedostatečně a nekvalifikovaně - pracovníci nemají odpovídající vzdělání, nejsou pravidelně proškolení a nemají dostatečnou praxi, <i>nebo</i> Neexistuje plán údržby.	3
Údržba je prováděna podle plánu údržby, ale nedbale nebo nekvalifikovaným personálem, <i>nebo</i> Není monitoring zdroje.	2
Údržba je prováděna kvalifikovaným personálem, ale bez plánu údržby.	1

Časová platnost analýzy četností: 1 rok

Data potřebná k provedení analýzy:

- rozbor surové vody za posledních 5 let
- záznamy o provedené údržbě jímacího zařízení
- provozní řád
- fyzická prohlídka objektu a jeho okolí
- provozní deník
- informace o biofilmech, inkoustech a sedimentech v potrubí
- plán údržby

### **F3\_Netěsnost potrubí a armatur**

#### Komentář k rizikovému faktoru:

Netěsnost potrubí a armatur je příčinou přísávání okolního vzduchu a znečištění do potrubí a tím snížení hydraulické kapacity násoskového potrubí. Netěsnost potrubí a armatur bývá způsobena především technickými a technologickými nebezpečími.

Přes netěsnosti potrubí a armatur dochází k pronikání znečištění z okolí. Příčinou pronikání znečištění je velmi často změna podtlaku v násoskovém potrubí. Okolní zemina je zvodnělá vodou, která uniká netěsnostmi z potrubí, a při změně podtlaku dochází k jejímu vniku do potrubí.

Netěsnost potrubí a armatur se zjišťuje v rámci hodnocení technického stavu potrubí. Pro hodnocení technického stavu potrubí se používá metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), která je založena na kritériálním hodnocení. Na poruchovost potrubí má vliv především vhodný trubní materiál, stáří potrubí, tvarovek a armatur, kvalita údržby a provozování a podtlak. Porucha může být způsobena vadou materiálu, únavou materiálu, korozí, chybnou montáží, špatně provedeným obsypem a podsypem, nedostatečným krytím a dalšími vlivy. V případě násoskových řadů je možné na netěsnost potrubí a armatur usuzovat podle délky chodu zařízení sloužících pro regulaci podtlaku.

#### Seznam souvisejících nebezpečí:

- 1.21\_Prorůstání kořeny stromů a keřů
- 2.02\_Údržba
- 2.08\_Monitoring
- 3.08\_Mechanická závada
- 3.17\_Skrytá stavební vada
- 3.18\_Bludné proudy, koroze
- 3.19\_Stárnutí materiálu a změna jeho vlastností
- 3.21\_Špatný technický stav objektu, potrubí, armatur

**Tab.č. 3.5 Hodnocení faktoru F3 pro stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu NS1**

Hodnocení faktoru - popis	Bodové ohodnocení
<p>Stáří potrubí a armatur více jak 40 let, <i>a/nebo</i> Hrdlové potrubí a armatury, <i>a/nebo</i> Potrubí děravé, viditelně netěsné (kapající až tekoucí voda); armatury viditelně netěsné, poškozené (kapající až tekoucí voda), <i>a/nebo</i> Prorůstání kořenů potrubím (průměr kořenů 1cm a více), <i>a/nebo</i> Délka chodu zařízení pro regulaci podtlaku 8 a více hodin za den.</p>	3
<p>Stáří potrubí a armatur v rozmezí 10 - 40 let, <i>a/nebo</i> Hrdlové potrubí a armatury netěsné (vlásečnicové trhliny), <i>a/nebo</i> Skrytá stavební vada, <i>a/nebo</i> Místně prorůstání kořeny (průměr kořenů 0,1 - 1cm), <i>a/nebo</i> Délka chodu zařízení pro regulaci podtlaku 6 - 8 hodin za den.</p>	2
<p>Stáří potrubí a armatur méně jak 10 let, <i>a/nebo</i> Svařované, přírubové a hrdlové potrubí, <i>a/nebo</i> Potrubí ani armatury nevykazují netěsnosti, <i>a/nebo</i> Pravidelné provádění monitoringu potrubí a armatur, <i>a/nebo</i> Bez prorůstání kořeny, <i>a/nebo</i> Délka chodu zařízení pro regulaci podtlaku 4 - 6 hodin za den.</p>	1

Časová platnost analýzy četností: 5 let

Data potřebná k provedení analýzy:

- stavební dokumentace
- údaje o použitých stavebních materiálech
- provozní řád
- provozní deník
- konzultace s provozním technikem
- fyzická prohlídka objektu a jeho okolí
- záznamy o provedené údržbě jímacího zařízení
- kamerový průzkum potrubí
- umístění, technický stav a funkčnost armatur

- rok osazení armatur, evidence výměn, četnost manipulace
- technické údaje armatur, typ, účel použití, významnost

## **NS2\_Přerušení dodávky surové vody**

*Postižený prvek systému zásobování vodou SZV:*

### **1.1.5\_Technologické vybavení/vystrojení**

*Vliv na další části SZV:*

#### **2.1\_Úprava vody**

*Popis nežádoucího stavu:*

Vlivem poruchy na násoskovém řadu a zařízení v čerpací stanici může docházet k dočasnému přerušení funkce násosky. Jedná se o poruchu evakuační stanice násosky, příp. její části, poruchu na násoskovém potrubí, poruchu armatur, měřících systémů. V případě dlouhotrvající poruchy může dojít k nefunkčnosti násosky a k přerušení dodávky vody. Přerušení dodávky surové vody může být způsobeno přírodními, společenskými a technickými a technologickými nebezpečími.

*Jednotlivá nebezpečí:*

- Přírodní nebezpečí:
- déšť doprovázený elektrickými jevy
  - zvláštní přírodní jevy – povodeň, zemětřesení

- Společenská nebezpečí:
- obsluha
  - údržba
  - způsob provozování
  - plánování, provádění oprav

- Technická a technologická nebezpečí:
- nevhodné vlastnosti dopravované vody
  - porucha dodávky elektrické energie
  - porucha měřidel
  - neprůchodnost potrubí
  - pokles podtlaku pod požadovanou mez
  - bludné proudy
  - koroze

*Seznam rizikových faktorů nežádoucího stavu:*

- F1\_Porucha evakuační stanice
- F2\_Porucha regulačních zařízení
- F3\_Zablokování potrubí, ucpání sacího koše

- F4\_Zvýšení požadovaných odběrů surové vody - HOTSPOT

*Rizikové faktory:*

### **F1\_Porucha evakuační stanice**

#### Komentář k rizikovému faktoru:

Zanesení strojních a regulačních částí evakuační stanice (vývěva, regulační a uzavírací ventil) vlivem nevhodných vlastností dopravované vody či znečištěním, které se dostane do potrubí, nedostatečná údržba vývěv, výpadek elektrického proudu, úmyslné poškození, zničení mohou snížit funkčnost evakuační stanice či způsobit její nefunkčnost a tím může dojít k přerušení dopravy vody násoskami a dopravy vody na úpravnu vody.

Mezi nevhodné vlastnosti dopravované vody se řadí zvýšený obsah železa a manganu a hodnota pH surové vody. Dále může dopravovaná voda obsahovat částice, které se do potrubí dostávají z okolí vlivem netěsností. V případě přetěžovaného podzemního zdroje mohou do surové vody vnikat jílové koloidně dispergované anorganické látky. Nedostatečná, ledabylá údržba jednotlivých částí evakuační stanice má negativní vliv na jejich funkci. Údržba jednotlivých částí je určena provozním řádem a výrobcem zařízení. Výpadek elektrického proudu může být krátkodobého nebo dlouhodobého charakteru. V případě krátkodobého výpadku se předpokládá využití náhradního zdroje elektrické energie. Výpadek elektrického proudu může být způsoben jednak přírodními vlivy, mezi něž patří například bouřka, či lidským faktorem (obsluha, údržba, společnost dodávající elektrickou energii).

#### Seznam souvisejících nebezpečí:

- 2.01\_Obsluha
- 2.02\_Způsob provozování
- 2.03\_Údržba
- 3.01\_Porucha dodávky elektrické energie
- 3.04\_Porucha měřidel
- 3.06\_Nevhodné vlastnosti dopravované vody
- 3.19\_Stárnutí materiálu a změna jeho vlastností

**Tab.č. 3.6 Hodnocení faktoru F1 pro stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu NS2**

Hodnocení faktoru - popis	Bodové ohodnocení
<p>Dlouhodobě nevyhovující kvalita surové vody způsobující ucpávání zařízení evakuační stanice, a/nebo</p> <p>Stáří alespoň jedné části evakuační stanice větší jak 40 let, a/nebo</p> <p>Nepřádná, nedostatečná údržba, není sestaven plán údržby, a/nebo</p> <p>Četnost poruch vyšší jak 2 x za rok.</p>	3
<p>Časté krátkodobé přerušování dodávky elektrického proudu, zvláštní přírodní jevy, a/nebo</p> <p>Sezónně nevyhovující kvalita surové vody, a/nebo</p> <p>Stáří alespoň jedné části evakuační stanice v rozmezí 10 - 40 let, a/nebo</p> <p>Ležbyla údržba nebo její provedení nekvalifikovaným personálem, a/nebo</p> <p>Četnost poruch 1 - 2 x za rok.</p>	2
<p>Kvalita surové vody vyhovující, nedochází k výraznému zanášení částí evakuační stanice, a/nebo</p> <p>Stáří jednotlivých částí evakuační stanice menší jak 10 let, a/nebo</p> <p>Údržba prováděna v pravidelných intervalech, a/nebo</p> <p>Četnost poruch maximálně 1 x za rok.</p>	1

Časová platnost analýzy četností: 2 roky

Data potřebná k provedení analýzy:

- provozní řád
- provozní deník
- konzultace s provozním technikem
- rozbor surové vody za posledních 5 let
- evidence poruch
- informace o biofilmech, inkoustech a sedimentech v potrubí
- záznamy o provedených opravách a údržbě



Obr.č. 3.7 Evakuační stanice



Obr.č. 3.8 Vývěva v evakuační stanici

## **F2\_Porucha regulačních zařízení**

### Komentář k rizikovému faktoru:

Výpadek elektrického proudu u automaticky ovládaných regulačních zařízení, špatná údržba, zanesení vede ke špatné funkci regulačních zařízení až ke ztrátě funkčnosti a tím k ovlivnění chodu celého systému.

Výpadek elektrického proudu může být způsoben přírodními vlivy jako je například bouřka, nebo lidským faktorem (obsluha, údržba, společnost dodávající elektrickou energii). Nedostatečná, ledabylá údržba vede k postupnému zanášení regulačních zařízení a může být příčinou ztráty jejich funkčnosti a tím celé evakuační stanice. Dále může dopravovaná voda obsahovat částice, které se do potrubí dostávají z okolí vlivem netěsností. V případě přetěžovaného podzemního zdroje mohou do surové vody vnikat jílové koloidně dispergované anorganické látky. Údržba regulačních zařízení je závislá především na vlastnostech dopravované vody (obsah látek způsobujících inkrustaci – železo, mangan; hodnota pH dopravované vody). Údržba regulačních zařízení je stanovena v provozním řádu a jejich výrobcem.

### Seznam souvisejících nebezpečí:

- 2.01\_Obsluha
- 2.02\_Způsob provozování
- 2.03\_Údržba
- 3.01\_Porucha dodávky elektrické energie
- 3.06\_Nevhodné vlastnosti dopravované vody
- 3.19\_Stárnutí materiálu a změna jeho vlastností

**Tab.č. 3.7 Hodnocení faktoru F2 pro stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu NS2**

Hodnocení faktoru - popis	Bodové ohodnocení
<p>Dlouhodobě nevyhovující kvalita surové vody způsobující zanášení regulačních zařízení,  <i>a/nebo</i>  Stáří regulačních zařízení větší jak 25 let,  <i>a/nebo</i>  Nepravidelná, nedostatečná údržba, není sestaven plán údržby,  <i>a/nebo</i>  Četnost poruch vyšší jak 2 x za rok,  <i>a/nebo</i>  Časté dlouhodobé přerušení dodávky elektrického proudu.</p>	3
<p>Sezónně nevyhovující kvalita surové vody (možnost zanášení zařízení),  <i>a/nebo</i>  Stáří regulačních zařízení v rozmezí 5 - 25 let,  <i>a/nebo</i>  Ledabylá údržba nebo její provedení nekvalifikovaným personálem,  <i>a/nebo</i>  Četnost poruch v rozmezí 1 - 2 x za rok,  <i>a/nebo</i>  Častý krátkodobý výpadek elektrického proudu.</p>	2
<p>Vlivem kvality surové vody nedochází k výraznému zanášení regulačních zařízení,  <i>a/nebo</i>  Pravidelná údržba,  <i>a/nebo</i>  Stáří regulačních zařízení menší jak 5 let,  <i>a/nebo</i>  Výpadek elektrického proudu pouze výjimečně,  <i>a/nebo</i>  Četnost poruch maximálně 1 x za rok.</p>	1

*Časová platnost analýzy četností:* 2 roky

Data potřebná k provedení analýzy:

- provozní řád
- provozní deník
- konzultace s provozním technikem
- rozbory surové vody za posledních 5 let
- evidence poruch
- informace o biofilmech, inkoustech a sedimentech v potrubí
- záznamy o provedených opravách a údržbě





Obr.č. 3.9 Indukční průtokoměr



Obr.č. 3.10 Detail šoupátka



Obr.č. 3.11 Regulační zařízení

### **F3\_Zablokování potrubí, ucpání sacího koše**

#### Komentář k rizikovému faktoru:

Zablokování potrubí, jeho neprůchodnost, ucpání sacího koše a následné zamezení jeho funkce vede ke snížení dodávky surové vody a to až na nepřijatelnou mez. Toto může být způsobeno vniknutím větších částí do potrubí, nedostatečnou, ledabylou údržbou, kvalitou surové vody (obsah látek způsobujících inkrustaci; hodnota pH). Údržba potrubí je dána v provozním řádu. Zablokování potrubí a ucpání sacího koše může být způsobeno také zvláštními přírodními vlivy, při kterých dojde k porušení a vniknutí větších částí do potrubí, případně do sacího koše.

#### Seznam souvisejících nebezpečí:

- 1.13\_Eroze
- 1.14\_Zemětřesení, sesuvy půdy, poklesy terénu, sedání
- 1.21\_Prořívání kořeny stromů a keřů
- 2.02\_Způsob provozování
- 2.03\_Údržba
- 3.06\_Nevhodné vlastnosti dopravované vody

**Tab.č. 3.8 Hodnocení faktoru F3 pro stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu NS2**

Hodnocení faktoru - popis	Bodové ohodnocení
Vniknutí nečistot větších jak 1cm do potrubí, <i>a/nebo</i> Stáří sacího koše větší jak 25 let, <i>a/nebo</i> Surová voda z vysokým obsahem látek vytvářející inkrusty a látek způsobujících zanášení, <i>a/nebo</i> Nepravidelná, nedostatečná údržba, bez plánu údržby.	3
Vniknutí nečistot velikosti do velikosti 1cm do potrubí, <i>a/nebo</i> Stáří sacího koše v rozmezí 5 - 25 let, <i>a/nebo</i> Krátkodobý výskyt látek vytvářejících inkrusty a látek způsobujících zanášení v surové vodě, <i>a/nebo</i> Zvláštní přírodní jevy - zemětřesení, povodeň, sesuvy, <i>a/nebo</i> Ledabylá údržba nebo údržba provedená nekvalifikovaným pracovníkem	2
Stáří sacího koše menší jak 5 let, <i>a/nebo</i> Pravidelná údržba minimálně 1 x za měsíc, <i>a/nebo</i> Surová voda bez obsahu látek vytvářejících inkrusty nebo způsobujících zanášení.	1

Časová platnost analýzy četností: 2 roky

Data potřebná k provedení analýzy:

- hydrogeologický průzkum
- provozní deník
- konzultace s provozním technikem
- rozbor surové vody za posledních 5 let
- kamerový průzkum potrubí
- informace o biofilmech, inkoustech a sedimentech v potrubí
- údaje o korozi potrubí

**F4\_ Zvýšení požadovaných odběrů surové vody – HOTSPOT**

Komentář k rizikovému faktoru:

Nedostatečná hydraulická kapacita může být způsobena zvýšením požadovaných odběrů surové vody a to i v případě, že způsob provozování je správný a i potrubí je v dobrém technickém stavu. Při zvýšení požadovaných odběrů surové vody může

docházet k nasávání surové vody společně s jemnými částicemi okolní zeminy, které mohou způsobit zanášení potrubí a dalších částí čerpací stanice.

Hladina podzemní vody v jímacích vrtech je určena především výškou hladiny zvodnělé vrstvy. Výšku hladiny zvodnělé vrstvy není možné regulovat. Hladina ve sběrném objektu surové vody je regulována pomocí regulačních zařízení. Je však nutné, aby hladina ve sběrném objektu byla níže, než je nejnižší hladina v jímacích vrtech, z kterých je pomocí násoskového potrubí odebírána surová voda. Hladina ve sběrném objektu musí být níže minimálně o ztráty, které vzniknou při proudění surové vody násoskovým řadem. Jedná se o součet ztrát místních vznikajících v místech armatur a tvarovek, případně v místech změny trasy potrubí, a ztrát po délce, které vznikají vlivem tření surové vody o potrubí. Hodnota celkových ztrát se určí na základě výpočtu.

#### Seznam souvisejících nebezpečí:

- 2.02\_Způsob provozování
- 2.09\_Nevhodné hospodaření s vodními zdroji

**Tab.č. 3.9 Hodnocení faktoru F4 pro stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu NS2**

Hodnocení faktoru - popis	Bodové ohodnocení
Dlouhodobé zvýšení požadovaných odběrů surové vody nad požadovanou mez, <i>a/nebo</i> Kapacita zdroje je již v současné době využívána na maximum a předpokládá se, že dojde k: Nárůstu průmyslové výroby, <i>nebo</i> Zvýšení potřeby pitné vody domácností vlivem nové výstavby nebo růstu životní úrovně, <i>nebo</i> Výstavbě objektů občanské vybavenosti náročné na vodu, <i>nebo</i> Intenzifikaci zemědělské výroby.	3
Kapacita zdroje je v současné době využívána na 80 - 100%, a předpokládá se, že dojde k výstavbě objektů pro bydlení, které vyčerpají zbývající rezervu zdroje.	2
Kapacita zdroje je v současné době využívána na 80 - 100% a nová výstavba ani zvyšování odběrů se nepředpokládá.	1

Časová platnost analýzy četností: 1 rok

#### Data potřebná k provedení analýzy:

- hydrogeologický průzkum

- provozní řád
- konzultace s provozním technikem
- manipulační řád, rozhodnutí vodohospodářského úřadu
- množství odebrané vody za posledních 5 let
- pohyb hladin v podzemním zdroji za posledních 10 let

### **NS3\_Kontaminace surové vody v násoskového potrubí**

*Postižený prvek systému zásobování vodou SZV:*

#### **1.1\_Jímání**

*Vliv na další části SZV:*

#### **2.1\_Úpravna vody**

*Popis nežádoucího stavu:*

Vnik podzemní vody, která není určena k jímání, do násoskového potrubí, je nežádoucí z důvodu možné změny hodnot jednotlivých ukazatelů jakosti vody. Hodnoty jednotlivých ukazatelů vody mohou přesáhnout limitní hodnoty surové podzemní vody pro úpravu vody, které jsou stanoveny ve vyhlášce č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích. Při překročení stanovených limitních hodnot nemusí být surová voda upravena na vodu odpovídající limitům pitné vody. Nežádoucí stav může být způsoben přírodními, společenskými a technologickými a technickými nebezpečími.

*Jednotlivá nebezpečí:*

Přírodní nebezpečí: 

- znečištění biologickým odpadem
- znečištění povrchovou vodou
- činnost živočichů
- prorůstání kořenů stromů a keřů

Společenská nebezpečí: 

- způsob provozování
- údržba
- plánování, provádění oprav
- znečištění průmyslové a zemědělské
- lesní hospodaření
- stará ekologická zátěž

Technická a technologická nebezpečí: 

- nedostatečné krytí násosky
- skrytá stavební vada

*Seznam rizikových faktorů nežádoucího stavu:*

- F1\_Přísátí znečištěné podzemní vody do násoskového potrubí – HOTSPOT

*Rizikové faktory:*

**F1\_Přísátí znečištěné podzemní vody do násoskového potrubí – HOTSPOT**

Komentář k rizikovému faktoru:

Z důvodu vytvářeného podtlaku v násoskovém potrubí, který je nutný pro správnou funkci, dochází v případě netěsností, překračování čerpaného množství surové vody k přísávání znečištěné podzemní vody. Jedná se o znečištění podzemní vody průmyslovou a zemědělskou činností nebo výskytem starých ekologických zátěží v povodí zdroje, nebo o znečištění podzemní vody v oblastech, kterými násoskové potrubí prochází.

Seznam souvisejících nebezpečí:

- 1.02\_Kyselý déšť
- 1.19\_Činnost živočichů
- 1.21\_Prořívání kořeny stromů a keřů
- 1.23\_Znečištění biologickým odpadem
- 2.02\_Způsob provozování
- 2.03\_Údržba
- 2.18\_Zemědělské znečištění
- 2.19\_Lesní hospodářství
- 2.20\_Průmyslové znečištění
- 2.22\_Stará ekologická zátěž
- 3.17\_Skrytá stavební vada
- 3.18\_Bludné proudy, koroze
- 3.21\_Špatný technický stav objektů, potrubí, armatur

**Tab.č. 3.10 Hodnocení faktoru F1 pro stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu NS3**

Hodnocení faktoru - popis	Bodové ohodnocení
<p>Vysoká hladina podzemní vody, potrubí uloženo pod hladinou podzemní vody, a/nebo</p> <p>Dlouhodobé čerpání vody pod stanovenou mez, a/nebo</p> <p>Stáří potrubí větší jak 40 let, a/nebo</p> <p>Potrubí viditelně netěsné, dřavé, a/nebo</p> <p>V povodí vodního zdroje je průmysl s možností úniku chemikálií nebo ropných látek, probíhá důlní činnost, živočišná a zemědělská činnost, a/nebo</p> <p>Nedostatečné krytí potrubí.</p>	3
<p>Krátkodobé překračování čerpaného množství pod stanovenou mez, a/nebo</p> <p>Potrubí uloženo nad hladinou podzemní vody, avšak maximálně 1m, a/nebo</p> <p>Stáří potrubí v rozmezí 10 - 40 let, a/nebo</p> <p>Potrubí a armatury netěsné, a/nebo</p> <p>Povodí vodního zdroje bez stálých zdrojů znečištění (průmysl, staré ekologické zátěže, zemědělství).</p>	2
<p>Surová voda vykazuje mírné kvalitativní výkyvy, nedochází ke stížení upravitelnosti vody, výskyt v pitné vodě krátkodobě zdravotně nezávadný, a/nebo</p> <p>Potrubí uloženo minimálně 1m nad hladinou podzemní vody, a/nebo</p> <p>Stáří potrubí menší jak 10 let, a/nebo</p> <p>Potrubí nevykazuje netěsnost ani jinou závadu, a/nebo</p> <p>Nedochází k překračování doporučeného čerpaného množství.</p>	1

Časová platnost analýzy četností: 2 roky

Data potřebná k provedení analýzy:

- hydrogeologický průzkum
- provozní deník
- konzultace s provozním technikem
- rozbory surové vody za posledních 5 let
- registr znečišťovatelů
- senzorické posouzení surové vody

- záznamy o provedené údržbě jímacího zařízení

### 3.5.2 Stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu

Po ohodnocení hlavních rizikových faktorů nežádoucího stavu následuje stanovení celkového bodového skóre  $S_C$  pro daný nežádoucí stav. Pro stanovení bodového skóre  $S_C$  se používá vztah:

$$S_C = \sum_{i=1}^n S_i, \text{ pro } i \in (1; n), \quad (3.2)$$

kde  $S_i$  ..... bodové hodnocení  $i$ -tého rizikového faktoru

$n$  ..... počet hlavních hodnocených rizikových faktorů v daném NS.

(TUHOVČÁK, 2010)

Je doporučováno, aby hlavních rizikových faktorů bylo nejvýše pět. (Tuhovčák, 2010)

Dále se stanoví maximální teoreticky dosažitelný součet bodového skóre  $S_{C_{MAX}}$  využitím vztahu:

$$S_{C_{MAX}} = 3 \cdot n, \quad (3.3)$$

kde  $n$  ..... počet hlavních hodnocených rizikových faktorů v daném NS.

(TUHOVČÁK, 2010)

Následně se vypočítá poměr  $S_C / S_{C_{MAX}}$  a podle vypočteného poměru se stanoví pravděpodobnost vzniku nežádoucího stavu (Tuhovčák, 2010). Zařazení vzniku pravděpodobnosti se provádí na základě tabulky Tab.č.3.11.

**Tab.č. 3.11 Referenční stupnice pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu (Tuhovčák, 2010)**

Poměr $S_C / S_{C_{MAX}}$	Referenční stupnice pravděpodobnosti vzniku
$S_C / S_{C_{MAX}} = 0$	P0 - nulová pravděpodobnost
$0 < S_C / S_{C_{MAX}} \leq 0,3$	P1 - nepravděpodobné (méně jak 1x za rok)
$0,3 < S_C / S_{C_{MAX}} \leq 0,6$	P2 - pravděpodobné (1x za týden až za rok)
$0,6 < S_C / S_{C_{MAX}}$	P3 - jisté (1x týdně a častěji)

### 3.6 ANALÝZA NÁSLEDKŮ NEŽÁDOUCÍHO STAVU

Analýza následků nežádoucího stavu je nedílnou součástí procesu odhadování rizika. Následuje po analýze pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu a to pro nežádoucí stavy ohodnocené pravděpodobností P1 až P3. Má za cíl stanovit konkrétní následky jednotlivých nežádoucích stavů a podle jejich rozsahu je zařadit do referenčních hodnotících stupnic. Pro analýzu nežádoucích stavů se používá jednotná metodika.

Tato metodika definuje strukturu následků, kritéria hodnocení a jejich hodnotící stupnice. (TUHOVČÁK, 2010)

Následky se podle jejich charakteru dělí do čtyř kategorií – zdravotní následky  $C_{ZDR}$ , ekonomické následky  $C_{EKON}$ , sociálně ekonomické následky  $C_{SOC}$  a environmentální následky  $C_{ENV}$ . Všechny uvedené kategorie následků mají stejný význam a svou vahou jsou si vzájemně rovny. (TUHOVČÁK, 2010)

Odhadování následků se provádí jednak odděleně pro jednotlivé kategorie následků a jednak se určuje jedna společná hodnota celkových následků  $C_{CELK}$ . Společná hodnota  $C_{CELK}$  se stanoví jako maximum z nejhůře hodnoceného kritéria v jednotlivých kategoriích následků daného nežádoucího stavu. Platí tedy:

$$C_{CELK} = \max(C_{ZDR}; C_{EKON}; C_{SOC}; C_{ENV}), \quad (3.3)$$

kde  $C_{ZDR}, C_{EKON}, C_{SOC}, C_{ENV} \dots\dots\dots$  dosažená hodnocení nejhůře hodnoceného kritéria v odpovídající kategorii následků.

Po stanovení hodnot následků v jednotlivých kategoriích a celkové společné hodnoty se provede zařazení následků do pěti úrovní hodnocení:

- **C0** – *Žádné či nevýznamné následky*
- **C1** – *Nízké následky*
- **C2** – *Středně vysoké následky*
- **C3** – *Vysoké následky*
- **Nehodnoceno (N)**.

(TUHOVČÁK, 2010)

### 3.7 ANALÝZA NEJISTOT

Nejistotou rozumíme formu neurčitosti, která se vyjadřuje pomocí teorie pravděpodobnosti, teorií možností, míry věrohodnosti nebo alespoň slovním popisem. Vyjadřuje nedostatek dokonalé znalosti, možnost mýlit se, pochybnost o výstupu. V rámci metodiky WaterRisk se uplatňuje princip, že nejistota je měřítkem kvality výsledku. (TUHOVČÁK, 2010)

Zdroje nejistoty v analýze rizik systému zásobování pitnou vodou můžeme rozdělit na:

- nejistotu vstupních dat
- nejistotu správnosti použité metody nebo postupu
- nejistotu detekce nežádoucího stavu
- nepřesnosti měření
- nahodilost přírodních jevů
- chování člověka ve stresové situaci.



Všechny tyto nejistoty je možné rozdělit na nejistoty subjektivní a nejistoty objektivní. Subjektivní nejistoty je těžké obecně určit. Objektivní nejistoty v analýze rizik se vyhodnocují na základě prokazatelně chybějících vstupních dat.

Objektivní nejistoty se v metodice WaterRisk určují v jednotlivých krocích analýzy rizik. Jedná se o určení nejistoty při identifikaci nebezpečí, nejistoty při analýze četností a nejistoty vstupních dat. Nejistoty se stanovují výpočtem dle vzorce:

$$N = \frac{m}{n} \cdot 100(\%), \quad (3.4)$$

kde  $m$  ..... počet odpovědí „Nevím“, „Nehodnoceno“ nebo počet nedostupných podkladů

$n$  ..... celkový počet nebezpečí v katalogu nebezpečí dané části systému, hlavních faktorů v daném nežádoucím stavu nebo požadovaných podkladů.

(TUHOVČÁK, 2010)

Nejistota analýzy rizik daného nežádoucího stavu se stanovuje výpočtem z dílčích nejistot dle vztahu:

$$N_{NSi} = [(w_{IN} \cdot N_{IN}) + (w_P \cdot N_{PI}) + (w_D \cdot N_{DI})](\%), \quad (3.5)$$

kde  $N_{IN}$  ... nejistota identifikace nebezpečí

$N_{PI}$  ... nejistota pravděpodobnosti vzniku i-tého nežádoucího stavu

$N_{DI}$  ... nejistota vstupních dat

$w_i$  ... váhy dílčích nejistot ( $w_{IN} = 0,33$ ,  $w_P = 0,45$ ,  $w_D = 0,22$ ).

(TUHOVČÁK, 2010)

Celková nejistota jednotlivých částí systému zásobování vodou se stanoví podle vzorce:

$$N_{ZDROJ(\dot{U}V, DISTR.)} = \max(N_{SI(PI, DI)}) \quad \text{pro } i = (1, n). \quad (3.6)$$

Souhrnný ukazatel nejistoty pro celý systém zásobování vodou se stanoví na základě vzorce:

$$N = \max(N_{ZDROJ}, N_{\dot{U}V}, N_{DISTR}). \quad (3.7)$$

Stanovení nejistot se provádí pouze u komplexních systémů zásobování pitnou vodou.  
(TUHOVČÁK, 2010)

## 4 TESTOVÁNÍ METODIKY ANALÝZY RIZIK

Definované nežádoucí stavy, které mohou nastat na násoskových řadech, byly testovány v rámci diplomové práce na konkrétním prameništi v Moravské Nové Vsi. Na prameništi proběhla v roce 2009 rekonstrukce. Analýza rizik byla tedy provedena jak pro stav před rekonstrukcí, tak pro stav po rekonstrukci prameniště.

### 4.1 POPIS TESTOVANÉHO SYSTÉMU

#### 4.1.1 Charakteristika území

Jímací území Moravská Nová Ves, které se dříve nazývalo Podluží, se nachází v jihovýchodní části Jihomoravského kraje v okresech Hodonín a Břeclav, v katastrálních územích Moravská Nová Ves, Mikulčice a Týnec. Jedná se o společný prostor nivy řeky Moravy a řeky Kyjovky, kde řeka Morava tvoří jihovýchodní hranici zájmového území a řeka Kyjovka tvoří severozápadní hranici zájmového území.

#### *Geomorfologické a geologické podmínky území*

Z geomorfologického hlediska spadá jímací území do Dolnomoravského úvalu, podcelku Dyjskosvratecká niva. Jedná se o rovinatý reliéf povrchu terénu s nadmořskou výškou 158 – 160m n.m.. V některých místech je povrch terénu modelován prohlubeninami mrtvých ramen a zavodňovacích kanálů Teplého járku, v západní části se nachází rozsáhlá deprese povrchu, která vznikla těžbou štěrkopísku. (VACEK, 2006)

Geologické poměry území jsou charakteristické mohutnou intramontánní depresí vyplněnou neogenními sedimenty. Skalní podloží je v západní části tvořeno horninami podslezskoždánické jednotky, které jsou zastoupeny střídavými vápnitými jíly, slíny a pískovci, ve východní části je pak skalní podloží tvořeno horninami bělokarpatské jednotky magurského flyše zastoupenými flyšovým střídáním jílovců a pískovců. V zájmovém území jsou pak horniny překryty nepevněnými neogenními sedimenty (převážně jílovými). V nadloží neogenních sedimentů je možné nalézt kvartérní uloženiny. V zájmovém území lze nalézt následující genetické typy: fluvialní sedimenty, fluvioakustrinní sedimenty, deluviální sedimenty, eolické sedimenty a hnílokalý a slatiny. (VACEK, 2006)

#### *Hydrologické a klimatické podmínky území*

Z hlediska hydrologie je území součástí povodí Dyje, kde v nejzápadnější části zasahuje do povodí Kyjovky, převážná část území se nachází v povodí Moravy. Obě řeky jsou vysoce vodné. Zájmovou oblastí protéká povrchová voda a to zavodňovacími kanály, které slouží k převedení vody z řeky Moravy do lužního lesa a dále do řeky

Kyjovky. Dlouhodobý průměrný průtok řekou Moravou, naměřený ve vodoměrné stanici Strážnice, je  $59,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , v řece Kyjovce je naměřen ve stanici Kyjov průměrný roční průtok  $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$ . Z hlediska podzemní vody se dle mapy specifických odtoků podzemní vody na zájmovém území tvoří na  $1 \text{ km}^2$  v průměru 1 – 2 l/s podzemních vod. Zájmové území spadá do záplavového území vodního toku Kyjovka. (VACEK, 2006)

Jedná se o jednu z nejteplejších oblastí České republiky a řadí se do teplé oblasti T4, která je charakteristická velmi teplým a velmi suchým dlouhým létem, velmi krátkým přechodným obdobím s teplým jarem a podzimem, krátkou, mírnou, suchou až velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrná teplota je v lednu  $-2^{\circ}\text{--}3^{\circ}\text{C}$  a v červenci  $19^{\circ}\text{--}20^{\circ}\text{C}$ . Srážkový úhrn se pohybuje v rozmezí 300 – 350 mm ve vegetačním období a 200 – 300 mm v zimním období. (VACEK, 2006)



Obr.č. 4.1 Mapa Jihomoravského kraje (zdroj: [www.risy.cz](http://www.risy.cz))

### ***Těžba v zájmovém území***

V oblasti obce Moravská Nová Ves se vyskytují významná naleziště ropy a zemního plynu České republiky. V současné době již těžba ropy a zemního plynu neprobíhá. V rámci Operačního programu životního prostředí byla provedena analýza rizik ohrožení jímacího území nedostatečně zlikvidovanými sondami po těžbě ropy a zemního plynu v CHOPAV Kvartér řeky Moravy. Analýza rizik nebyla prováděna na celém území CHOPAV, ale byla vybrána nejvíce ohrožená území, mezi něž patřilo území Moravské Nové Vsi a to z důvodu možného ohrožení vodního zdroje vody. Ohrožení vodního zdroje vody spočívá v možné kontaminaci jímané podzemní vody.

Proto jsou stanoveny minimální hladiny vody ve vrtech, které by měly být dodrženy, aby nedošlo k ohrožení jakosti jímané podzemní vody.

#### **4.1.2 Skupinový vodovod Podluží**

Skupinový vodovod Podluží byl vybudován v 80. letech 20. století a uveden do trvalého provozu byl v roce 1990. Zásobuje následující města, obce nebo jejich administrativní části: Hrušky, Kostice, Lanžhot, Tvrdonice a Týnec. Zdrojem vody jsou tři prameniště, která se nacházejí jihovýchodně od Mikulčic v pravobřežní nivě řeky Moravy, a dále štěrkoviště nacházející se jižně od Moravské Nové Vsi na levém břehu řeky Kyjovky. Prameniště jsou tvořena 43 vrtanými studněmi, jejichž hloubka je do 10m a jsou vystrojena výpažnicemi UGI nebo kameninovými perforovanými. Voda z pramenišť je dopravována pomocí šesti násoskových řadů z PE do tří sběrných studní, které se nacházejí u tří čerpacích stanic. Do každé sběrné studně jsou svedeny dva násoskové řady a sací potrubí čerpadel, která se nacházejí v přílehlé čerpací stanici. Voda je dále čerpána litinovými výtlakovými řady do úpravní Moravská Nová Ves. Ze štěrkoviště je odebírána odběrným objektem, který je vybudovaný v břehu štěrkoviště pod hladinou vody. Voda je následně čerpána na úpravnu vody Moravská Nová Ves.

V úpravně vody dochází ke smísení vod z jednotlivých pramenišť a štěrkoviště v akumulaci surové vody. V úpravně vody dochází k provzdušnění vody na zařízeních INKA za účelem odstranění a odvětrání sirovodíku a převážné části volného CO<sub>2</sub>, dále pak za účelem nasycení vody rozpuštěným kyslíkem a oxidace železnatých iontů. Do koncového úseku přívodu provzdušněné vody je dávkováno vápenné mléko jako koagulant. Následuje proces flokulace, který je zabezpečen flokulačním mícháním přibližně 20 minut. Voda je dále vedena do dvou podélných sedimentačních nádrží o rozměrech 3,6 x 27 x 3m. Po procesu sedimentace dochází k filtraci vody na pěti pískových filtrech evropského typu. Hygienické zabezpečení vody je zajišťováno dávkováním chlordioxidu do upravené vody. Následně je voda akumulována v železobetonové nádrži o obsahu 2 x 1200m<sup>3</sup> u úpravní vody. Kalové hospodářství je řešeno třemi kalovými lagunami.



**Obr.č. 4.2 Sedimentační nádrže – úpravna vody MNV**



**Obr.č. 4.3 Pískové filtry na úpravně vody MNV – proces praní**

Upravená voda je čerpána do vodojemu Poddvorov, vodojemu Hodonín a do věžového vodojemu Týnec. Na skupinový vodovod Podluží jsou napojeny následující samostatné vodovody: vodovod Moravská Nová Ves, vodovod Moravský Žižkov, vodovod Velké Bílovice, vodovod Kašnice, vodovod Klobouky a vodovod Krumpíř.

### ***Provozovatel skupinového vodovodu Podluží***

Společnost Vodovody a kanalizace Hodonín, akciová společnost, vznikla ke dni 1.1.1994 transformací bývalého státního podniku VaK Hodonín. Společnost působí v okrese Hodonín a v částech okresů Břeclav, Vyškov a Kroměříž. Zásobuje 68 obcí a měst pitnou vodou a provozuje 4 úpravný vody, zajišťuje odkanalizování pro 45 obcí a měst a provozuje 24 čistíren odpadních vod. Společnost VaK Hodonín provozuje také prameniště Moravská Nová Ves.

#### **4.1.3 Prameniště skupinového vodovodu Podluží**

Prameniště se nachází jihovýchodně od městyse Moravská Nová Ves mezi řekou Kyjovkou a Moravou. Území je využíváno jako zemědělská a lesní půda. Jedná se převážně o využití pro pěstování obilovin. Z hlediska lesních porostů se jedná především o listnaté lesy.

#### ***Popis prameniště před rekonstrukcí – období 1987 – 2009***

V roce 1981 byla zahájena výstavba skupinového vodovodu Podluží. Ten byl v roce 1987 dokončen a uveden do zkušebního provozu. Následovalo uvedení do trvalého provozu a to v roce 1990.

Prameniště se skládalo ze tří pramenišť, která byla dohromady tvořena 38 vrtanými studněmi. Voda byla jímána šesti litinovými násoskovými řady vyústěnými do tří sběrných studní, které se nacházely u čerpacích stanic soustředěných ve středu každého prameniště. Dále pak byla voda dopravována do úpravný vody Moravská Nová Ves. Při čerpání surové vody bylo důležité, aby nedocházelo ke změně čerpaného množství ani k přerušovanému čerpání a to z důvodu následného kolísání hladiny vody ve vrtech a tím k možnosti nebezpečné oxidace železa v podzemních vrstvách zeminy a jejich zanášení. Docházelo by tak k tzv. zaokrování studní a snížení jejich vydatnosti.

Náhradním zdrojem surové vody bylo štěrkoviště nacházející se pod obcí Moravská Nová Ves na levém břehu vodního toku Kyjovka. Voda byla odebírána ze zdroje odběrným objektem, který se nacházel na břehu štěrkoviště.

Po dokončení jímacího území a po provedení poloprovozní čerpací zkoušky bylo jímací území zařazeno do kategorie B (dle směrnice Komise pro klasifikaci zásob nerostných surovin):

**Tab.č. 4.1 Odběry podzemní vody (Vacek, 2006)**

Odebírané množství	Celoročně [l/s]	Zimní období [l/s]
z vrtů	60	90
ze štěrkoviště	12 - 20	12 - 20
<b>Celkem</b>	<b>72 - 80</b>	<b>102 - 110</b>

Před rekonstrukcí jímacího území se pohybovalo sezónně využitelné množství podzemních vod čerpaných z jímacích vrtů mezi 40 – 75l/s. Oproti projektovanému množství to bylo podstatně méně, což bylo způsobeno špatným technickým stavem jímacího zařízení a dále tím, že nebylo využíváno štěrkoviště a voda tak odtékala mimo jímací zařízení do řeky Kyjovky. Řada jímacích vrtů byla před rekonstrukcí nefunkčních, zborcených nebo jejich výstroj měla závady, které bránily optimálnímu využití. Povrchovou vodu ze štěrkoviště nebylo možné jímat a to z důvodu špatné kvality, především v období léta docházelo k eutrofizaci, a dále se zde objevovalo znečištění ropnými látkami z naftových vrtů. (VACEK, 2006)

Z výše uvedených důvodů bylo přistoupeno k rekonstrukci jímacího území v roce 2009, kdy samotné rekonstrukci předcházela hydrogeologický průzkum provedený v roce 2006.

### ***Popis prameniště po rekonstrukci – období od roku 2009***

V roce 2008 byla zahájena rekonstrukce prameniště a to násoskového řadu „A“ a „B“. Násoskové řady byly uvedeny do provozu ještě téhož roku. Celá rekonstrukce prameniště byla fyzicky dokončena v listopadu roku 2009. Do zkušebního provozu byla uvedena v lednu 2010, který byl ukončen v dubnu téhož roku. Rekonstrukce násoskových řadů byla provedena na základě §15, odstavce 2 zákona 254/2001 Sb. o vodách, který říká:

*„Stavební povolení ani ohlášení nevyžadují stavební úpravy vodovodů a kanalizací, pokud se nemění jejich trasa“.*

V rámci rekonstrukce jímacího území byl proveden hydrogeologický průzkum území a byla navržena oprava stávajících jímacích studní, optimalizace jímání a vybudování nových jímacích objektů. Oprava stávajících jímacích studní měla spočívat ve vytěžení stávající zakolmatované nebo zborcené výstroje a zakolmatovaného filtračního obsypu. Nové vystrojení mělo být přizpůsobeno místním podmínkám, zrnitosti kolektoru a horní hrana perforace měla být u každé jímací studně pod dosahem snížené provozní hladiny a to z důvodu, aby nedocházelo k předčasné oxidaci jímané vody. Předčasnou oxidací dochází k vypadávaní železa na stěně vrtané studny a v dopravní trase (především ve sběrné studni), což je nežádoucí. Optimalizace jímání měla spočívat ve stanovení

jímacích schopností jednotlivých studní a na základě toho měl být zvolen režim práce násosky. Pro zvýšení kapacity jímacího území pak byly navrženy nové jímací objekty. Jímací studny měly dodávat vodu přes čerpací stanici ČS 4.

### ***Hydrogeologický průzkum***

V roce 2008 byla započata samotná rekonstrukce jímacího území. Bylo provedeno 8 předvrtů a to v místech určených pro nové jímací vrtý. Předvrty sloužily k ověření petrografického profilu a dále k ověření hloubky počevního izolátoru. Vrtné práce byly provedeny rotačně-náběrovou technikou. V průběhu prací probíhalo odebrání vzorků zeminy, které sloužily k rozborům pro stanovení optimálního zrnění filtračního obsypu jímacích vrtů. Předvrty byly vystrojeny zárubnicí z PVC o průměru 120mm. Jednalo se o kombinaci plné a perforované zárubnice. Spodní část byla ukončena kalníkem a na něj bylo nasazeno dno. Obsyp zárubnice byl tvořen tříděným štěrkem 4/8mm. Následně bylo provedeno jílové těsnění. (VACEK, 2006)

Dále byly vybudovány pozorovací vrtý sloužící k ověření úrovně hladiny podzemní vody a směru jejího proudění. Celkem bylo těchto vrtů vybudováno 12 (P1 – P12). Vrtné práce byly provedeny taktéž rotačně-náběrovou technikou. Vystrojení a obsyp pozorovacích vrtů byl stejný jako předvrtů. Jako poslední byly vyvrtány jímací vrtý vrtnou soustavou PVSD. Jímací studny byly vystrojeny opět kombinací plné a perforované zárubnice PE o průměru 500mm. Dolní část byla ukončena kalníkem, na nějž bylo nasazeno dno. Jako obsyp byl použit tříděný štěrk a to ve dvou vrstvách (vnitřní – 8/16 mm, vnější 4/8 mm). Do vnější vrstvy obsypu byla umístěna plastová piezometrická trubka o průměru 50mm. Po obsypu byly studny vyčištěny a odpískovány mamutovým čerpadlem. Na závěr bylo provedeno jílové těsnění. (VACEK, 2006)

Po vrtných pracích byly provedeny hydrodynamické zkoušky. U předvrtů a pozorovacích vrtů byly zkoušky zaměřeny na ověření hydraulických parametrů kolektorů. U jímacích vrtů byla provedena skupinová čerpací zkouška v délce 63 dnů. (VACEK, 2006)

Jako doplňující práce bylo provedeno hydrometrování průtoku řeky Kyjovky a Teplého járku a dále plošné záměry hladin podzemní a povrchové vody v celém jímacím území. (VACEK, 2006)

### ***Současný stav prameniště***

V současné době slouží jako vodní zdroj pro skupinový vodovod Podluží podzemní voda ze čtyř pramenišť I – IV, která se nacházejí v katastrálním území obce Mikulčice a Moravská Nová Ves. Jímací území celkově zahrnuje 43 jímacích vrtů, které jsou rozděleny do 4 skupin. Z těchto skupin je surová voda dopravována pomocí čerpacích



stanic do úpravny vody Moravská Nová Ves, kde je upravována a hygienicky zabezpečována na parametry pitné vody a to stejným způsobem, který je uveden výše.



Obr.č. 4.4 Jímací vrt HV40A

Skupina I: Zahrnuje 15 jímacích vrtů. Jímaná podzemní voda je soustřeďována v jedné sběrné studni a pomocí čerpací stanice ČS1 je dopravována na úpravnu vody v Moravské Nové Vsi (MNV).

Skupina II: Jímání podzemní vody je realizováno pomocí 11 vrtů, kdy jímaná voda je soustřeďována v jedné sběrné studni a čerpací stanicí ČS2 je dopravována na úpravnu vody MNV.

Skupina III: Podzemní voda je jímána 12 vrty do jedné sběrné studně situované u čerpací stanice ČS3, kterou je dopravována na úpravnu vody MNV.

Skupina IV: Podzemní voda je jímána pomocí 5 vrtů. Jímaná voda je čerpána dvěma samostatnými výtlačky do čerpací stanice ČS4, z níž je čerpána opět na úpravnu vody MNV.

(ROZHODNUTÍ O POVOLENÍ K NAKLÁDÁNÍ S VODAMI, 2010)



Obr.č. 4.5 Prameniště 4 (štěrkoviště)

#### ***Odebírané množství a kvalita vody v prameništi***

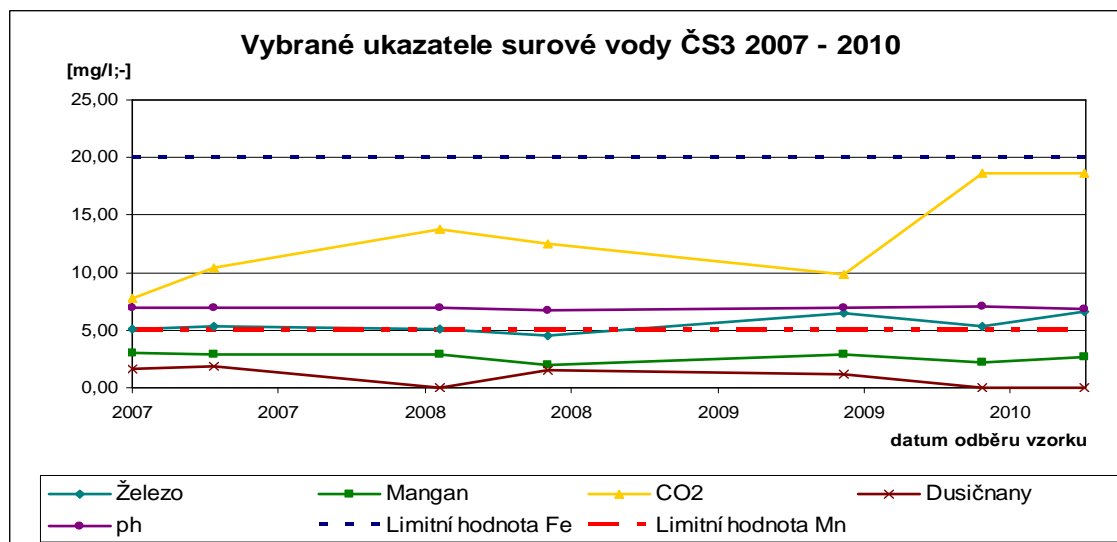
Na základě výsledků matematického modelu je možné čerpat cca 110l/s, kdy nedojde k výraznému plošnému poklesu hladiny podzemní vody pod úroveň bazálních hlín. Na základě povolení nakládání s vodami je povolený průměrný odběr z jímacího území 81,5l/s, maximální povolený odběr je 120l/s. Roční povolený odběr je pak 2 565,2 tis.m<sup>3</sup>/rok. (ROZHODNUTÍ O POVOLENÍ K NAKLÁDÁNÍ S VODAMI, 2010)

V zájmovém území se dle průzkumu při výstavbě jímacího území vyskytuje podzemní voda typu Ca-HCO<sub>3</sub>, v severní části území se vyskytují i vody typu Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> a vody, které je možné považovat za vody smíšeného typu a to Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>. Kvalita podzemní vody je sledována pravidelně u směsných vzorků surové vody, které jsou odebírány na úpravně vody v Moravské Nové Vsi. Z jednotlivých částí jímacího systému jsou odebírány vzorky nepravidelně a to ve sběrných studních nacházejících se u čerpacích stanic. Směsná jímaná voda je podle rozborů mírně kyselé až mírně zásadité reakce, velmi často se vyznačuje zvýšenou oxidovatelností. Dále je typický nízký obsah dusičnanů, dusitanů a fosforečnanů a téměř stálý obsah chloridů. Obsah amonných iontů se v současné době pohybuje nejčastěji v rozmezí hodnot 0,8 – 1,2 mg/l, obsah síranů se nejčastěji pohybuje v rozmezí 40 – 50mg/l. Pro podzemní vody vyskytující se v zájmovém území je typický vysoký obsah železa a manganu. Vysoký obsah železa a manganu v surové vodě je příčinou vzniku inkrustů v potrubí a je tedy nutné jej pravidelně proplachovat. (VACEK, 2006)

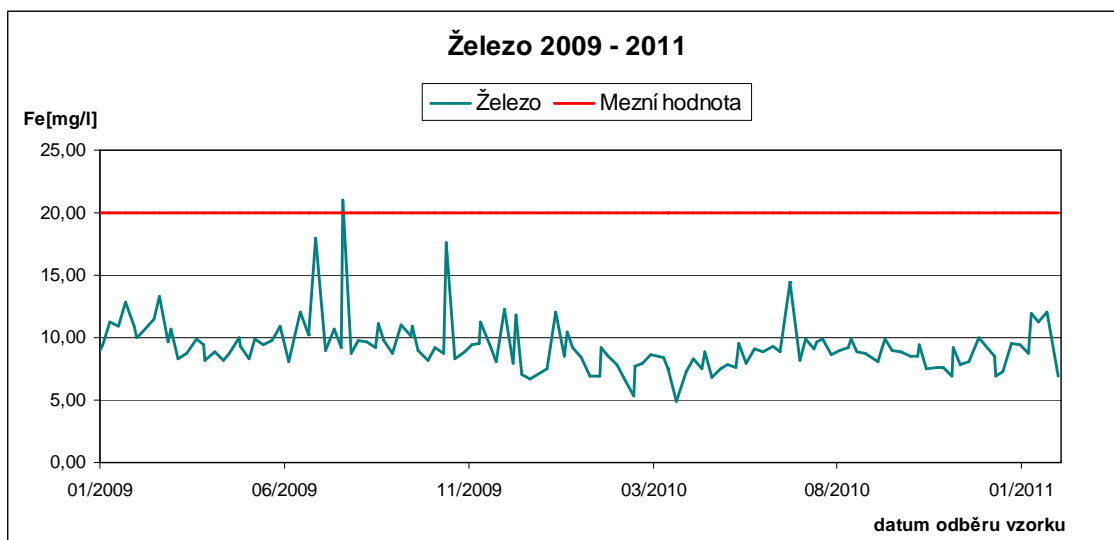
Pro úpravu vody nejsou vhodné všechny surové vody. Požadavky na jakost surových vod stanovuje příloha č.13 vyhlášky Mze 428/2001 Sb.. Surová voda se zařazuje do tří kategorií, které odpovídají standardním metodám úpravy. Zařazení do kategorií se provádí dle limitních hodnot. Směrné a mezní hodnoty jsou stanoveny celkem pro 47 ukazatelů jakosti surové vody. Zařazení konkrétní surové vody do jedné ze tří kategorií provádí provozovatel na základě minimálně 12 vzorků odebraných v průběhu 2let. Optimální počet vzorků se pohybuje v rozmezí 24 – 36. Surová voda v prameništi Podluží se podle ukazatelů surové vody řadí do *kategorie A2 – Běžná fyzikální úprava, chemická úprava a desinfekce, koagulační filtrace, infiltrace, pomalá biologická filtrace, flokulace, usazování, filtrace, desinfekce (konečné chlorování), jednostupňové či dvoustupňové odželezňování a odmanganování* (VYHLÁŠKA Č.428/2001 SB., 2001).

Tab.č. 4.2 Vybrané ukazatele jakosti surové vody – kategorie A2 (Vyhláška č.428/2001 Sb.)

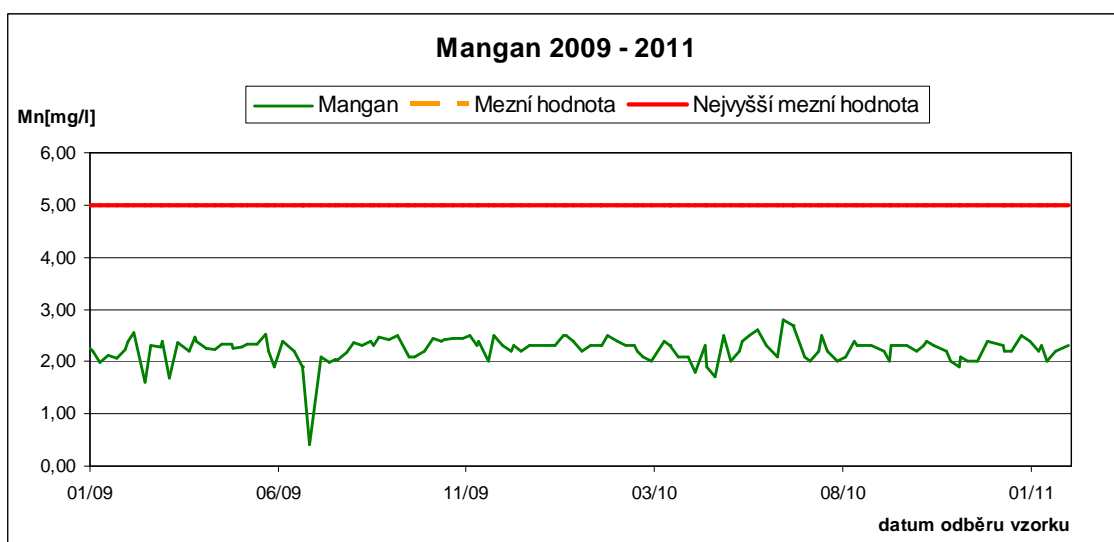
Ukazatel	Jednotka	A2	
		S	M
Dusičnany	mg/l		50
Celkové železo	mg/l	1	2
Mangan	mg/l	0,1	1
Sířany	mg/l	150	250
CHSK <sub>Mn</sub>	mg/l	5	10
BSK <sub>5</sub>	mg/l	4	5



Obr.č. 4.6 Vybrané ukazatele surové vody odebrané v letech 2007 – 2010 na ČS3



Obr.č. 4.7 Množství železa ve směsné surové vodě v období 2009 – 2011



Obr.č. 4.8 Množství manganu ve směsné surové vodě v období 2009 – 2011

Z důvodu výskytu ropných úložišť v okolí prameniště monitoruje společnost ropné látky ve vodě a okolí, a to od založení zdroje vody – od roku 1978. Zjišťování ropných látek je zajištěno průzkumnými vrtů, ze kterých se pravidelně odebírají vzorky vody. Z důvodu výskytu ropných látek v okolí prameniště je upraveno čerpání vody z vrtů. Jsou stanoveny hladiny podzemní vody, pod které není možné čerpání, a to právě z důvodu zabránění vniknutí ropných látek do vody a udržení kvality vodního zdroje. Surová voda je upravována na parametry pitné vody na úpravně vody MNV.

### ***Stavební popis prameniště***

Jak již bylo zmíněno, v jímacím území se nachází celkem 43 vrtů. Každý z vrtů je zabezpečen proti vniknutí a to jednak oplocením a dále opatřením vrtu uzamykatelným poklopem. Nad každým vrtem se nachází komora, ze které je přístupný samotný vrt.





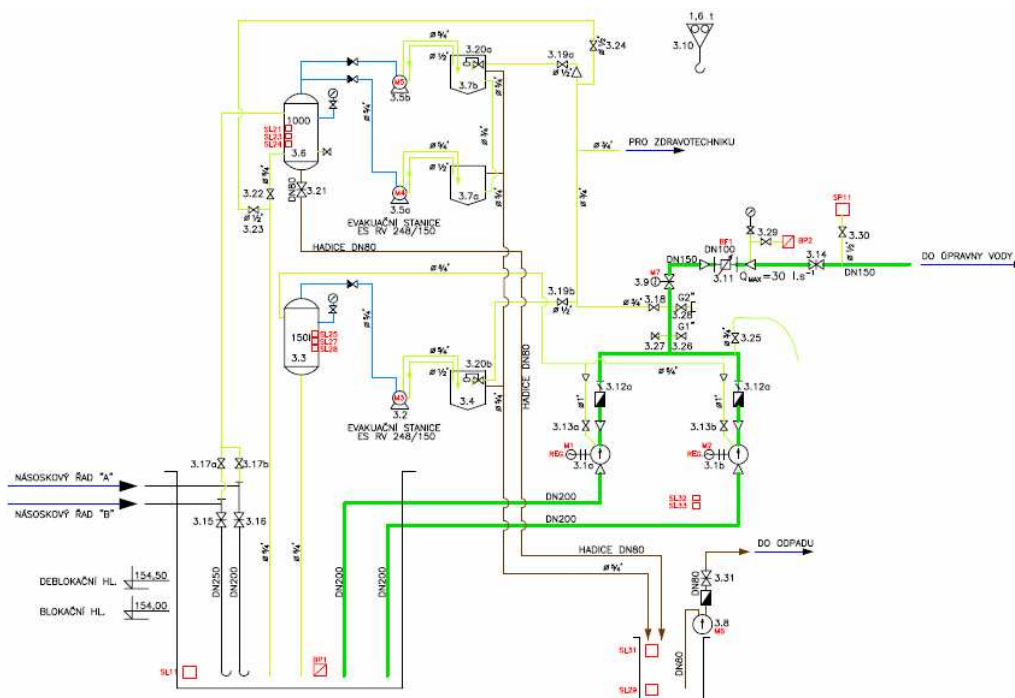
Obr.č. 4.9 Jímací vrt

Z vrtů je voda odváděna šesti násoskovými řady z polyethylenu PE. Jedná se o systém potrubí o různých dimenzích, které na sebe navazují. Násoskové potrubí je tvořeno dimenzemi potrubí D125, D160, D225. Násoskové řady jsou zaústěny do tří sběrných studní u jednotlivých čerpacích stanic. Konec násosek je zakončen tzv.fajou. Ze sběrných studní je voda čerpána na úpravnu vody Moravská Nová Ves. Výtlaky na úpravnu vody jsou zhotoveny z nerez DN 200 a jsou zaústěny do sběrné jímky na úpravně vody, kde dochází ke smísení surové vody z jednotlivých pramenišť.



Obr.č. 4.10 Smísení surových vod z jednotlivých pramenišť na úpravně vody MNV

V jímacím území se nachází čtyři čerpací stanice. Čerpací stanice č.1 – 3 jsou stavebně shodné. Na Obr.č. 4.13 je znázorněno schéma čerpací stanice č.1 – 3.



Obr.č. 4.11 Schéma čerpací stanice ČS1 – ČS3



Obr.č. 4.12 Čerpací stanice 3 – prameniště Moravská Nová Ves

Jak již bylo zmíněno, u čerpacích stanic ČS1, ČS2 a ČS3 se nachází sběrná studna, do které jsou zaústěny násoskové řady „A“ a „B“, výtlaky do úpravný vody Moravská



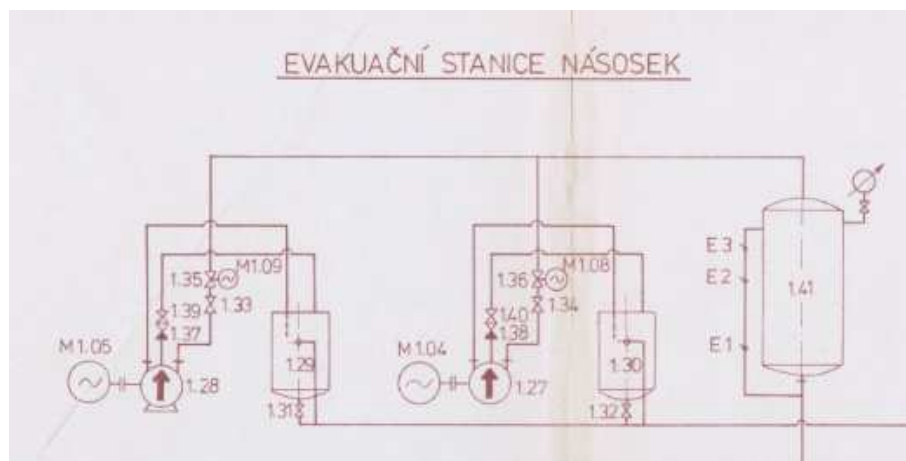
Nová Ves a potrubí pro zajištění chodu násosek. Jedná se o potrubí, které slouží k doplňování podtlakových nádrží.



**Obr.č. 4.13 Sborná studna u ČS3 v prameništi Podluží**

Dále se v těchto čerpacích stanicích nachází dvě podtlakové nádrže, zajišťující chod vývěv, tři evakuační stanice, které zabezpečují spolehlivý provoz čerpadel a to tím, že je automaticky udržují neustále zahlučené, a dvě čerpadla zapojená v režimu 1+1.

Evakuační stanice násosek se skládá ze dvou vývěv v režimu zapojení 1+1, hrnců vývěv a podtlakové nádrže. Tato stanice zajišťuje spolehlivý provoz násoskových řadů tím, že dochází k odčerpávání přebytečného vzduchu z násoskových řadů. Vzduch v násoskovém potrubí je nežádoucí, protože by mohl způsobit roztržení proudu vody a tím přerušení provozu násosky. Vývěvy jsou ovládány pomocí spínačů, které reagují na pokles hladiny vody v podtlakových nádobách. V případě, že dojde k poklesu hladiny v podtlakové nádobě na minimum, dojde k sepnutí vývěvy, která odčerpává přebytečný vzduch a tím dojde k načerpání vody do podtlakové nádrže. Spínací hladiny podtlakové nádrže jsou závislé na výškovém umístění podtlakové nádrže. Odpadní voda, která vzniká při chodu vývěvy, je odváděna do odpadu.



Obr.č. 4.14 Schéma evakuační stanice násosek (Skupinový vodovod Podluží, 1987)



Obr.č. 4.15 Vývěva v evakuační stanici v ČS3

Čerpadla v čerpacích stanicích ČS2 a ČS3 byla v roce 2011 vyměněna a v současné době jsou používána čerpadla horizontální značky Lowara. Jedná se o čerpadla typu SHE 65 – 200/220/P, které je možné použít pro průtoky v rozmezí 54 – 126m<sup>3</sup>/h a pro dopravní výšky v rozmezí 64,4 – 41,8m. Charakteristiky čerpadla jsou uvedeny v Tab.č.4.3 a Tab.č.4.4., charakteristická křivka čerpadla je uvedena na Obr.č.4.16. V současné době není zaznamenán problém kavitace na čerpadlech jako tomu bylo u předchozích čerpadel.

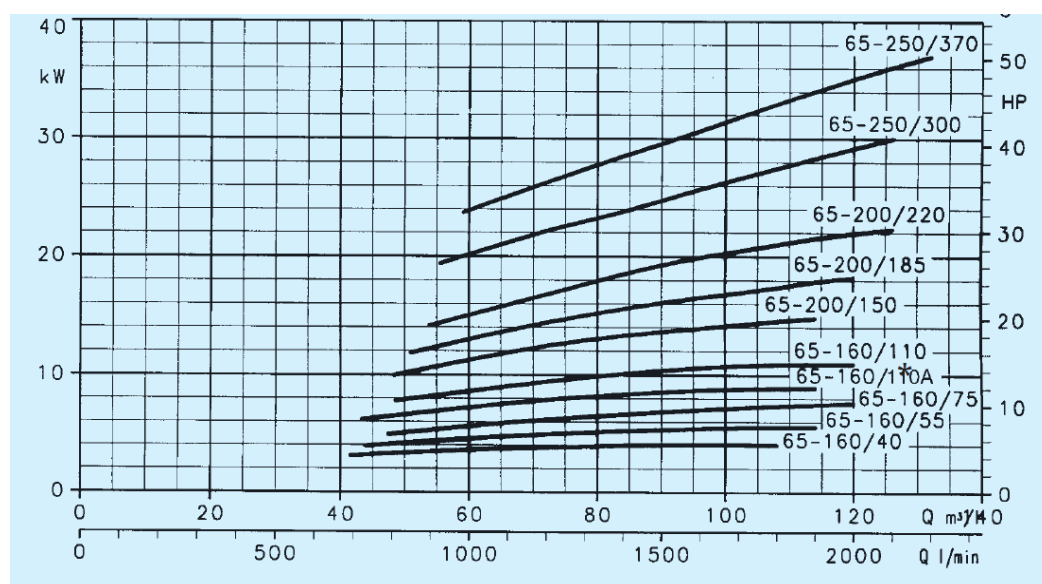


**Tab.č. 4.3 Charakteristiky čerpadla – průtok Q a dopravní výška H**

Typ čerpadla	Výkon kW	Průtok [m <sup>3</sup> /h]						
SHE 65-200/220/P	22	48	60	72	84	96	108	120
		Výška [m]						
		65,5	63	60	57	53,5	49	41,8

**Tab.č. 4.4 Technické údaje čerpadla SHE 65-200/220/P**

Q [m³/h]	H [m]	n [1/min]	P2 [kW]
54 - 126	64,4 - 41,8	2930	22
motor		t <sub>max</sub> [°C]	Ø [mm]
3~PLH160334S3/3220		120	215
50Hz			

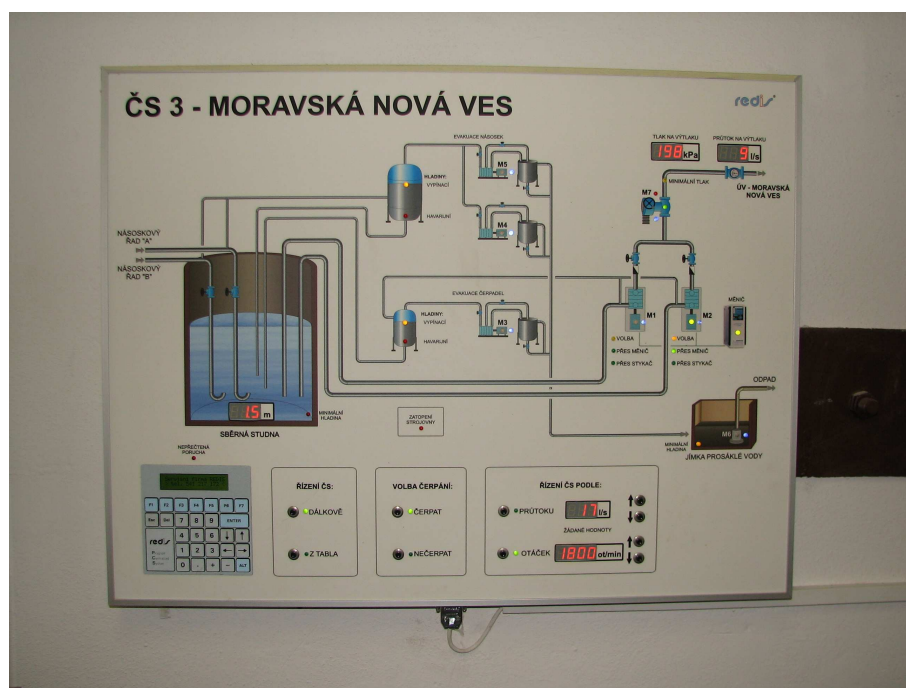


**Obr.č. 4.16 Charakteristika čerpadla Lowara SHE 65 – 200/220/P (zdroj:www.e-pumps.co.uk)**



Obr.č. 4.17 Čerpadla na výtlačném potrubí

Veškerá zařízení jsou řízena dálkově z velínu, který se nachází na úpravně vody v Moravské Nové Vsi. V čerpacích stanicích je možné nastavení parametrů čerpání ručně a to pomocí ovládací tabule.



Obr.č. 4.18 Řídící systém ČS3 v prameništi Podluží

Sběrné studny jsou opatřeny třemi zamykatelnými poklopy. Vstup do sběrné studny je zajištěn pomocí nerezového žebříku a pochůzní lávky ve sběrné studni. Ve sběrných

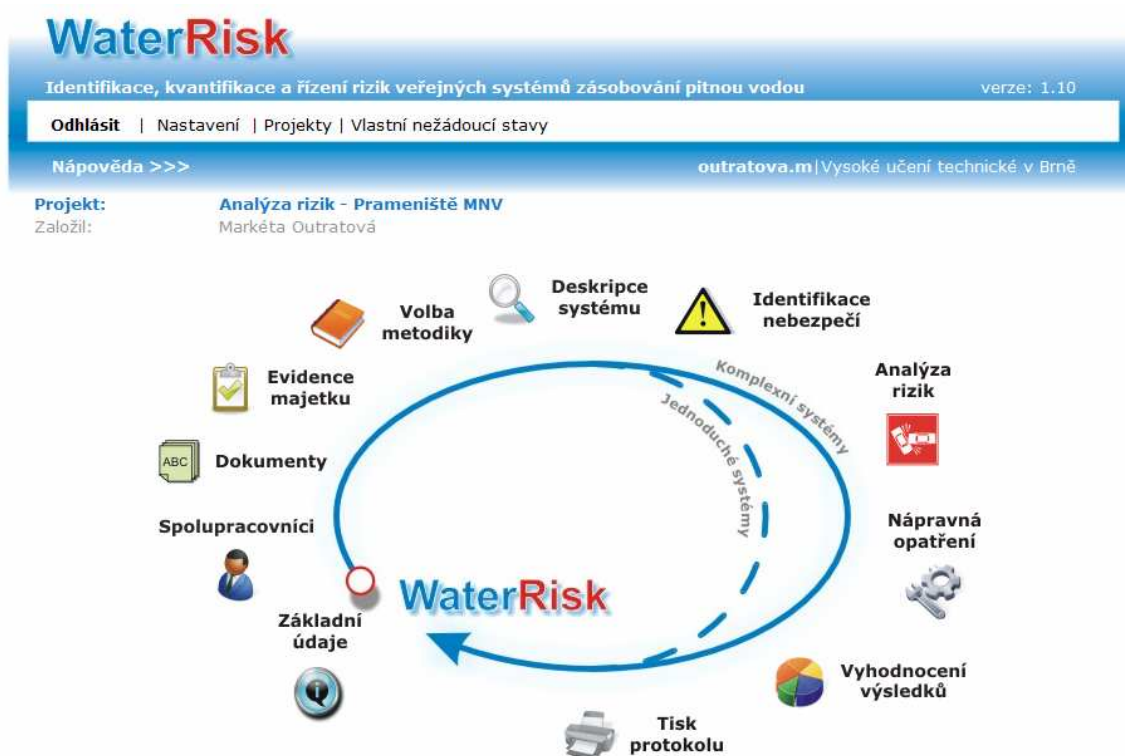
studních dochází k odběru vzorků surové vody. Každá čerpací stanice je uzavřená a vstup do čerpací stanice je zaznamenán na velínu. Dále je každá čerpací stanice oplocena a opatřena informační tabulí. Hladiny ve sběrných studních a ve vrtech jsou každý měsíc odečítány a zaznamenávány.

## 4.2 TESTOVÁNÍ SYSTÉMU V SOFTWARE WATERRISK.CZ

Definované nežádoucí stavy pro násoskové řady v kapitole 3 byly testovány na prameništi v Moravské Nové Vsi. Testování systému bylo provedeno pomocí softwarové aplikace WaterRisk.cz. Testování bylo provedeno pro stav před rekonstrukcí a pro stav po rekonstrukci prameniště.

### 4.2.1 Softwarová aplikace WaterRisk.cz

Softwarová aplikace WaterRisk.cz je interaktivní databázový software, který umožňuje uživateli pomocí internetového prohlížeče (verze MS Explorer 6 a vyšší) provádět analýzu rizik systému zásobování pitnou vodou. Ovládání aplikace nevyžaduje speciální dovednosti. Software umožňuje provádět změny, ukládat, editovat a kopírovat vytvořené projekty, dále pak umožňuje generování, prohlížení a tisk výsledků analýzy. Všechny úkony, které se v aplikaci provádí, odpovídají dílčím krokům analýzy rizik, která je popsána ve vytvořené metodice analýzy rizik SZV. (TUHOVČÁK, 2010)



Obr.č. 4.19 Hlavní menu softwarové aplikace WaterRisk.cz

Přístup do aplikace je zabezpečen přihlašovacím jménem a heslem. Registraci nového uživatele provádí ručně administrátor technické podpory se současným telefonickým ověřením totožnosti žadatele. Po přihlášení do aplikace následuje založení nového projektu. Nový projekt je definován pomocí kódového označení, názvu, popisu, umístění a základními informacemi o systému zásobování pitnou vodou. Aplikace následně umožňuje zakladateli nového projektu přidat spolupracovníky, kteří budou na analýze spolupracovat, a uložit si v aplikaci dokumenty, které se k posuzovanému systému vztahují.

Po založení nového projektu uživatel provede evidenci majetku, resp. zadá do projektu základní informace o posuzovaném systému zásobování pitnou vodou. Informace se zadávají zvlášť pro vodní zdroje, úpravnu vody a distribuční část. Následně se provede volba metodiky, resp. posouzení složitosti vodovodního systému (jednoduchý nebo komplexní systém). Po zvolení metodiky uživatel provede deskripci systému, která se skládá z definice tlakových pásem, popisu jednotlivých prvků systému a z křížové kontroly úplnosti zadání, kterou provádí software při každém uložení.

Po dokončení deskripce systému je možné identifikovat nebezpečí (přírodní, společenská a technická a technologická). Identifikace nebezpečí se provádí pro jednotlivé části systému zvlášť (vodní zdroj, úpravna vody a distribuční část). Po uložení je provedeno automaticky generování nežádoucích stavů, které se mají dále hodnotit. V této fázi aplikace je uživateli umožněno nadefinovat nové nežádoucí stavy. Na identifikaci nežádoucích stavů již navazuje odhadování rizik, které je již rozdílné a to dle zvolené metodiky (jednoduchý nebo komplexní systém).

Výsledky analýzy rizik se prezentují graficky maticí rizik. Po dokončení analýzy rizik je možné provést tisk protokolů a export dat pro GIS. Tisk protokolů je umožněn po jednotlivých kapitolách, které odpovídají záložkám softwarové aplikace.

#### **4.2.2 Případová studie**

Případová studie byla zpracována pro systém zásobování pitnou vodou, který je provozován společností Vodovody a kanalizace Hodonín a.s.. Jedná se o skupinový vodovod Podluží. Případová studie se zabývá hodnocením rizik prameniště Moravská Nová Ves, respektive násoskových řadů využívaných k odběru surové vody. Hodnocení bylo provedeno v papírové podobě, avšak s využitím softwarové aplikace WaterRisk.cz.

##### ***Projekt Prameniště MNV***

V softwarové aplikaci WaterRisk.cz byl vytvořen nový projekt „Prameniště MNV“. Byly definovány základní údaje o skupinovém vodovodu Podluží.

**Projekt:** Analýza rizik - Prameniště MNV  
Založil: Markéta Outratová

Zpět na projekt

**Základní údaje projektu**

Název projektu	Prameniště MNV	
ID projektu	Analýza rizik	
Název vodovodu	Podluží	
Počet obyvatel bydlících v oblasti		počet
Počet zásobovaných obyvatel	15000	počet
Objem vody vyrobené k realizaci	1902000	m <sup>3</sup> /rok
Popis		
Kraj	Kraj Jihomoravský	
Obec	Moravská Nová Ves	
	Uložit	

Složitost systému: **Jednoduchý**  
Zvolená metodika RA: **Komplexní**

Obr.č. 4.20 Základní údaje o projektu

Následně byly zadány do projektu základní informace o posuzovaném vodovodním systému. V rámci evidence majetku byly zadávány informace v záložce Vodní zdroj. Záložky Úprava vody a Distribuce vody byly vyplněny nulovými hodnotami, jelikož případová studie se zabývá pouze prameništěm, resp. násoskovými řadami v prameništi.

**Projekt:** Analýza rizik - Prameniště MNV  
Založil: Markéta Outratová

**Evidence majetku**

Vodní zdroje
Úprava vody
Distribuce vody

**Vodní zdroje**


<b>Vodní zdroje – vlastní</b>		
Podzemní zdroje	1	počet
Povrchové zdroje	0	počet
Smišené zdroje podzemní a povrchové vody	0	počet
<b>Převzatá voda</b>		
Podzemní zdroje	0	počet
Povrchové zdroje	0	počet
Smišené zdroje podzemní vody a povrchové vody	0	počet
<b>Využitelná kapacita zdrojů</b>	81.5	l/s
z toho podzemní zdroje	81.5	l/s
	Uložit	

Obr.č. 4.21 Evidence majetku

Posouzení složitosti systému bylo provedeno na základě pěti definovaných pravidel. Jedná se o kritéria počtu zásobovaných obyvatel, počtu přípojek, délky sítě, objemu vody vyrobené k realizaci a složitosti použité technologie úpravy vody. Posouzení bylo provedeno automaticky z údajů uvedených v evidenci majetku.

Na základě námi uvedených údajů byl systém zařazen do kategorie komplexní. Metodika analýzy rizik byla vybrána na základě vygenerovaného posouzení. Pro následnou analýzu rizik byla tedy zvolena metodika pro komplexní systém.

**Projekt:** Analýza rizik - Prameniště MNV  
Založil: Markéta Outratová


**Volba metodiky**

Kritérium	Tento SZV	Hranice	
Počet zásobovaných obyvatel	15 000	0 až 2 000 2 001 a více	Jednoduchý <b>Komplexní</b>
Počet přípojek	0	0 až 500 501 a více	<b>Jednoduchý</b> Komplexní
Délka sítě [m]	0	0 až 10 000 10 001 a více	<b>Jednoduchý</b> Komplexní
Objem vody vyrobené k realizaci [m <sup>3</sup> /rok]	1 902 000	0 až 75 000 75 001 a více	Jednoduchý <b>Komplexní</b>
Složitost použité technologie úpravy vody			<b>Jednoduchý</b> Komplexní


Vyhodnocením kritérií by měl být systém dále analyzován jako **Jednoduchý**

Zvolte metodiku, kterou chcete analyzovat rizika tohoto systému

Obr.č. 4.22 Volba metodiky

Po vybrání metodiky analýzy rizik jsme přistoupili k deskripci systému. Byly popsány jednotlivé prvky systému pomocí základních informací získaných z poskytnutých dat o systému od provozovatele.

**Projekt:** Analýza rizik - Prameniště MNV  
Založil: Markéta Outratová


**Deskripce systému**

**Přehled**

Prvek	Evidence majetku	Deskripce systému
<b>Vodní zdroje celkem:</b>	1	1
<i>Podzemní:</i>	1	1
<i>Povrchový:</i>	0	0
<b>Úpravny vody:</b>	0	0
<b>Distribuce:</b>		
<i>Vodojemy:</i>	0	0
<i>Čerpací stanice:</i>	0	0
<b>Samostatná tlaková pásma:</b>	0	0

Byl dosažen soulad v evidenci majetku a deskripci systému.

Obr.č. 4.23 Deskripce systému

Deskripce systému byla provedena v předepsaných krocích a ukončena křížovou kontrolou úplnosti zadání, která kontroluje soulad evidence majetku s deskripcí systému.

Na deskripci systému navázala identifikace nebezpečí a analýza rizik pro podzemní vodní zdroj.

### ***Podzemní vodní zdroj***

#### **Popis prvku systému**

Popis prvku systému zásobování pitnou vodou byl podrobně proveden v kapitole 4.1 Popis testovaného území.

#### **Použitá data pro analýzu rizik**

- Údaje o provozovateli skupinového vodovodu Podluží
- Platné legislativní předpisy
- Fyzická prohlídka jímacího objektu a okolí
- Konzultace s provozním technikem
- Rozhodnutí vodoprávního úřadu o povolení k odběru
- Hydrogeologický průzkum území
- Provozní řád skupinového vodovodu Podluží
- Záznamy o prováděné údržbě na čerpací stanici
- Rozbory surové vody za poslední 4 roky, rozbory směsné surové vody za posledních 5 let
- Měření hladin v jímacích vrtech

#### **Identifikace nebezpečí**

Ze zobrazeného seznamu nebezpečí, která jsou předem definována v rámci metodiky analýzy rizik, byla vybrána možná nebezpečí, která mohou zapříčinit vznik nežádoucích stavů na násoskových řadech. Nebezpečí, která byla vybrána z definovaného Katalogu nebezpečí, jsou uvedena v Tab.č.4.5.

**Tab.č. 4.5 Identifikace nebezpečí – případová studie**

<i>Přírodní nebezpečí</i>	
1.02	Kyselé deště
1.13	Eroze
1.14	Zemětřesení, sesuvy půdy, poklesy terénu, sedání
1.19	Činnost živočichů
1.20	Činnost mikroorganismů
1.21	Prorůstání kořeny stromů a keřů
1.23	Znečištění biologickým odpadem

<i>Společenská nebezpečí</i>	
2.01	Obsluha
2.02	Způsob provozování
2.03	Údržba
2.08	Monitoring
2.09	Nevhodné hospodaření s vodními zdroji
2.18	Zemědělské znečištění
2.19	Lesní hospodaření
2.20	Průmyslové znečištění
2.22	Stará ekologická zátěž
<i>Technická a technologická</i>	
3.01	Porucha dodávky elektrické energie
3.04	Porucha měřidel
3.06	Nevhodné vlastnosti dopravované vody
3.08	Mechanická závada
3.17	Skrytá stavební vada
3.18	Bludné proudy, koroze
3.19	Stárnutí materiálu a změna jeho vlastností
3.21	Špatný technický stav objektu, potrubí, armatur

### **Hodnocení nežádoucích stavů**

Pro násoskové řady v prameništi Podluží byly stanoveny a vyhodnoceny následující nežádoucí stavy:

- NS1\_Nedostatečná hydraulická kapacita násoskového potrubí
- NS2\_Přerušení dodávky surové vody
- NS3\_Kontaminace surové vody v násoskovém potrubí

Hodnocení nežádoucích stavů bylo provedeno bez použití softwaru WaterRisk.cz. Pro hodnocení byly vytvořeny metodické listy a hodnotící formuláře pro hodnocení pravděpodobnosti vzniku NS a pro hodnocení následků NS (Obr.č.4.24 – 4.35).

V rámci hodnocení nežádoucích stavů byly ohodnoceny jednotlivé rizikové faktory daného nežádoucího stavu. Následně byla stanovena pravděpodobnost vzniku jednotlivých nežádoucích stavů dle výpočtu uvedeného v kapitole 3.5.2. Stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu.



## A) Prameniště před rekonstrukcí (období 1987 – 2009)

**WaterRisk** - 2B06039

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

*Kód a název hodnoceného nežádoucího stavu:*

NS\_1

Nedostatečná hydraulická kapacita násoskového potrubí

*Postižený prvek systému - popis:*

Jímání

Jímací území - HV24 - HV35. Prameniště je situováno cca 1,5km od obce Moravská Nová Ves.

*Pravděpodobnost vzniku:*

*Bodové skóre celkem:*

5/9

F1 - Inkrustace v potrubí

*Bodové skóre F1:*

3

Zdůvodnění: vysoké koncentrace železa a manganu v surové vodě

F2 - Nedostatečná údržba

*Bodové skóre F2:*

0

Zdůvodnění: -

F3 - Netěsnost potrubí a armatur

*Bodové skóre F3:*

2

Zdůvodnění: litinové hrdlové potrubí, stáří potrubí 22 let

**WaterRisk - 2B06039**

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

**Analýza následků:**

**Celkové následky (maximum):**

**C2**

Zdravotní následky  $C_{ZDR}$ :

*Hodnocení:*

**C0**

Zdůvodnění: - nepředpokládají se

Ekonomické následky  $C_{EKON}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - potřeba opravy, příp. rekonstrukce některých částí násoskových řadů

Sociálně - ekonomické následky  $C_{SOC}$ :

*Hodnocení:*

**C0**

Zdůvodnění: - nepředpokládají se

Enviromentální následky  $C_{ENV}$ :

*Hodnocení:*

**N**

Zdůvodnění: - nehodnoceno

**Použité vstupní údaje, podklady:**

Fyzická obhlídka objektu a okolí, rozbor surové vody za posledních 5 let, provozní deník, provozní řád.

**Připomínky:**

Dne: 20.12.2011

Zpracovala: Bc. Markéta Outratová (VUT v Brně, Fakulta stavební, ÚVHO)

## WaterRisk - 2B06039

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

**Kód a název hodnoceného nežádoucího stavu:**

**NS\_2** Přerušení dodávky surové vody

**Postižený prvek systému - popis:**

*Technologické vybavení/vystrojení*

Podtlak v násoskových řadech zajišťován pomocí evakuační stanice v čerpací stanici. Správný chod násoskových řadů a jednotlivých zařízení zajišťován pomocí regulačních zařízení.

**Pravděpodobnost vzniku:**

**Bodové skóre celkem:** 10/12

F1 - Porucha evakuační stanice

**Bodové skóre F1:** 3

Zdůvodnění: - dlouhodobě zvýšený obsah manganu a železa v surové vodě; četnost poruch průměrně 3x - 4x za rok

F2 - Porucha regulačních zařízení

**Bodové skóre F2:** 3

Zdůvodnění: - dlouhodobě zvýšený obsah manganu a železa v surové vodě; četnost poruch průměrně 5x za rok

F3 - Zablokování potrubí, ucpání sacího koše

**Bodové skóre F3:** 3

Zdůvodnění: - zvýšený obsah manganu a železa v surové vodě

F4 - Zvýšení požadovaných odběrů surové vody

**Bodové skóre F4:** 1

Zdůvodnění: - nepředpokládá se zvyšování potřeby vody v zájmové oblasti

**WaterRisk - 2B06039**

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

**Analýza následků:**

**Celkové následky (maximum):**

**C2**

Zdravotní následky  $C_{ZDR}$ :

*Hodnocení:*

**C0**

Zdůvodnění: - nepředpokládají se - nedojde k ohrožení obyvatelstva

Ekonomické následky  $C_{EKON}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - potřeba opravy, příp. výměny strojních a regulačních částí čerpací stanice

Sociálně - ekonomické následky  $C_{SOC}$ :

*Hodnocení:*

**C0**

Zdůvodnění: - nepředpokládá se ohrožení kvality pitné vody

Enviromentální následky  $C_{ENV}$ :

*Hodnocení:*

**N**

Zdůvodnění: - nehodnoceno

**Použité vstupní údaje, podklady:**

Fyzická obhlídka objektu a okolí, provozní deník, provozní řád, konzultace s provozním technikem, rozborů surové vody za posledních 5 let, hydrogeologický průzkum.

**Připomínky:**

Dne: 20.12.2011

Zpracovala: Bc. Markéta Outratová (VUT v Brně, Fakulta stavební, ÚVHO)

**WaterRisk - 2B06039**

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

---

*Kód a název hodnoceného nežádoucího stavu:*

NS\_3

**Kontaminace surové vody v násoskovém potrubí**

*Postižený prvek systému - popis:*

*Jímání*

Jímací území - HV24 - HV35. Prameniště je situováno cca 1,5km od obce Moravská Nová Ves. V blízkém okolí prameniště se nacházejí staré ekologické zátěže.

*Pravděpodobnost vzniku:*

*Bodové skóre celkem:*

3/3

F1 - Přísátí znečištěné podzemní vody do násoskového potrubí

*Bodové skóre F1:*

3

Zdůvodnění: - zemědělská činnost v povodí zdroje, výskyt starých ekologických zátěží

**WaterRisk - 2B06039**

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

**Analýza následků:**

**Celkové následky (maximum):**

**C2**

Zdravotní následky  $C_{ZDR}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - změna organoleptických vlastností vody nebo překročení některých limitních hodnot v pitné vodě

Ekonomické následky  $C_{EKON}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - opravy násoskových řadů, zabránění dalšímu přísátí znečištěné podzemní vody do potrubí

Sociálně - ekonomické následky  $C_{SOC}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - přerušení dodávky vody na dobu maximálně 2 dny

Enviromentální následky  $C_{ENV}$ :

*Hodnocení:*

**N**

Zdůvodnění: - nehodnoceno

**Použité vstupní údaje, podklady:**

Fyzická obhlídka objektu a okolí, provozní deník, hydrogeologický průzkum, rozborů surové vody za posledních 5 let.

**Připomínky:**

Dne: 20.12.2011

Zpracovala: Bc. Markéta Outratová (VUT v Brně, Fakulta stavební, ÚVHO)

## B) Prameniště po rekonstrukci (období od roku 2009)

**WaterRisk** - 2B06039

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

*Kód a název hodnoceného nežádoucího stavu:*

NS\_1

Nedostatečná hydraulická kapacita násoskového potrubí

*Postižený prvek systému - popis:*

Jímání

Jímací území - HV24 - HV35. Prameniště je situováno cca 1,5km od obce Moravská Nová Ves.

*Pravděpodobnost vzniku:*

*Bodové skóre celkem:*

4/9

F1 - Inkrustace v potrubí

*Bodové skóre F1:*

3

Zdůvodnění: - vysoký obsah manganu a železa v surové vodě

F2 - Nedostatečná údržba

*Bodové skóre F2:*

0

Zdůvodnění: -

F3 - Netěsnost potrubí a armatur

*Bodové skóre F3:*

1

Zdůvodnění: - stárí polyethylenového potrubí 2 roky, chod zařízení pro zajištění podtlaku méně jak 6 hodin denně

**WaterRisk - 2B06039**

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

---

**Analýza následků:**

**Celkové následky (maximum):**

**C1**

Zdravotní následky  $C_{ZDR}$ :

*Hodnocení:*

**C0**

Zdůvodnění: - nepředpokládají se

Ekonomické následky  $C_{EKON}$ :

*Hodnocení:*

**C1**

Zdůvodnění: - čištění, příp. menší opravy na násoskových řadech

Sociálně - ekonomické následky  $C_{SOC}$ :

*Hodnocení:*

**C0**

Zdůvodnění: - nepředpokládají se

Enviromentální následky  $C_{ENV}$ :

*Hodnocení:*

**N**

Zdůvodnění: - nehodnoceno

**Použité vstupní údaje, podklady:**

Fyzická obhlídka objektu a okolí, rozbor surové vody za posledních 5 let, provozní deník, provozní řád.

**Připomínky:**

Dne: 20.12.2011

Zpracovala: Bc. Markéta Outratová (VUT v Brně, Fakulta stavební, ÚVHO)

---



## WaterRisk - 2B06039

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

*Kód a název hodnoceného nežádoucího stavu:*

**NS\_2** **Přerušení dodávky surové vody**

*Postižený prvek systému - popis:*

*Technologické vybavení/vystrojení*

Podtlak v násoskových řadech zajišťován pomocí evakuační stanice v čerpací stanici. Správný chod násoskových řadů a jednotlivých zařízení zajišťován pomocí regulačních zařízení.

*Pravděpodobnost vzniku:*

*Bodové skóre celkem:* **7/12**

F1 - Porucha evakuační stanice

*Bodové skóre F1:* **2**

Zdůvodnění: - četnost poruch průměrně 1x za rok, pravidelná údržba, vysoký obsah manganu a železa v surové vodě, stáří jednotlivých částí evakuační stanice méně jak 40 let

F2 - Porucha regulačních zařízení

*Bodové skóre F2:* **3**

Zdůvodnění: - četnost poruch průměrně 4x za rok, vysoký obsah manganu a železa v surové vodě

F3 - Zablokování potrubí, ucpání sacího koše

*Bodové skóre F3:* **1**

Zdůvodnění: - pravidelná údržba, vysoký obsah manganu a železa v surové vodě, stáří sacího koše i potrubí méně jak 5 let

F4 - Zvýšení požadovaných odběrů surové vody

*Bodové skóre F4:* **1**

Zdůvodnění: - nepředpokládá se zvyšování potřeby vody v zájmové oblasti

**WaterRisk - 2B06039**

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

---

**Analýza následků:**

**Celkové následky (maximum):**

**C2**

Zdravotní následky  $C_{ZDR}$ :

*Hodnocení:*

**C0**

Zdůvodnění: - nepředpokládají se - nedojde k ohrožení obyvatelstva

Ekonomické následky  $C_{EKON}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - potřeba opravy, příp. výměny strojních a regulačních částí čerpací stanice

Sociálně - ekonomické následky  $C_{SOC}$ :

*Hodnocení:*

**C0**

Zdůvodnění: - nepředpokládá se ohrožení kvality pitné vody

Enviromentální následky  $C_{ENV}$ :

*Hodnocení:*

**N**

Zdůvodnění:

**Použité vstupní údaje, podklady:**

Fyzická obhlídka objektu a okolí, provozní deník, provozní řád, konzultace s provozním technikem, rozbory surové vody za posledních 5 let, hydrogeologický průzkum.

**Připomínky:**

Dne: 20.12.2011

Zpracovala: Bc. Markéta Outratová (VUT v Brně, Fakulta stavební, ÚVHO)

---

## **WaterRisk - 2B06039**

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

---

*Kód a název hodnoceného nežádoucího stavu:*

**NS\_3**

**Kontaminace surové vody v násoskovém potrubí**

*Postižený prvek systému - popis:*

*Jímání*

Jímací území - HV24 - HV35. Prameniště je situováno cca 1,5km od obce Moravská Nová Ves. V blízkém okolí prameniště se nacházejí staré ekologické zátěže.

*Pravděpodobnost vzniku:*

*Bodové skóre celkem:*

**2/3**

F1 - Přisátí znečištěné podzemní vody do násoskového potrubí

*Bodové skóre F1:*

**2**

Zdůvodnění: - krátkodobé překračování čerpaného množství pod požadovanou mez, stáří potrubí méně jak 10 let, zemědělská činnost v okolí zdroje, výskyt starých ekologických zátěží

**WaterRisk - 2B06039**

Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou

**Analýza následků:**

**Celkové následky (maximum):**

**C2**

Zdravotní následky  $C_{ZDR}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - změna organoleptických vlastností vody nebo překročení některých limitních hodnot v pitné vodě

Ekonomické následky  $C_{EKON}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - opravy násoskových řadů, zabránění dalšímu přísátí znečištěné podzemní vody do potrubí

Sociálně - ekonomické následky  $C_{SOC}$ :

*Hodnocení:*

**C2**

Zdůvodnění: - přerušení dodávky vody na dobu maximálně 2 dny

Enviromentální následky  $C_{ENV}$ :

*Hodnocení:*

**N**

Zdůvodnění: - nehodnoceno

**Použité vstupní údaje, podklady:**

Fyzická obhlídka objektu a okolí, provozní deník, hydrogeologický průzkum, rozborů surové vody za posledních 5 let.

**Připomínky:**

Dne: 20.12.2011

Zpracovala: Bc. Markéta Outratová (VUT v Brně, Fakulta stavební, ÚVHO)

## Analýza následků nežádoucích stavů a kvantifikace rizika

Dále byly stanoveny následky nežádoucích stavů dle hodnotící stupnice C3 – C0 (příp. N) a na základě stanovených údajů byla provedena kvantifikace rizika. Výsledky analýzy následků a kvantifikace rizika jsou vyhodnoceny graficky v maticích rizik.

Tab.č. 4.6 Matice rizik – před rekonstrukcí prameniště

Hodnotící stupeň		Následky		
		C1	C2	C3
Pravděpodobnost	P1	K1 - velmi nízké 0/0/0	K2 - nízké 0/0/0	K3 - střední 0/0/0
	P2	K2 - nízké 0/0/0	K3 - střední 0/0/0	K4 - vysoké 0/0/0
	P3	K3 - střední 0/0/0	K4 - vysoké 3/0/0	K5 - velmi vysoké 0/0/0

Tab.č. 4.7 Matice rizik – po rekonstrukci prameniště

Hodnotící stupeň		Následky		
		C1	C2	C3
Pravděpodobnost	P1	K1 - velmi nízké 0/0/0	K2 - nízké 0/0/0	K3 - střední 0/0/0
	P2	K2 - nízké 1/0/0	K3 - střední 1/0/0	K4 - vysoké 0/0/0
	P3	K3 - střední 0/0/0	K4 - vysoké 1/0/0	K5 - velmi vysoké 0/0/0

Na základě provedené analýzy následků jednotlivých nežádoucích stavů pro stav před rekonstrukcí a po rekonstrukci je možné zjistit, že po rekonstrukci došlo ke snížení pravděpodobnosti vzniku rizika i jeho následků. Rekonstrukcí došlo k výměně potrubí, která vedla k omezení některých rizikových faktorů nežádoucích stavů. Avšak některé rizikové faktory byly ohodnoceny stejným počtem bodů a to především z důvodu jakosti surové vody, jejíž parametry jsou v obou zkoumaných případech stejné.

## Analýza nejistot

Přestože se jedná o komplexní systém zásobování pitnou vodou, nebyla provedena analýza nejistot. Pro stanovení nejistot dle vzorců v kapitole 3.7 Analýza nejistot je nutné znát údaje ze softwarové aplikace WaterRisk.cz. Jedná se především o celkový počet požadovaných podkladů, který je nutný znát pro stanovení nejistoty vstupních dat.

## 5 DISKUZE

Jelikož násosková potrubí pracují na poměrně jednoduchém principu, který nevyžaduje vždy složitá pomocná zařízení jako například vývěvy pro vytváření podtlaku, mnozí autoři odborné literatury se jimi nezabývají. Proto byly obecné informace získány jak z českých zdrojů, tak z americké literatury. Praktické informace byly čerpány především z provozování násoskových řadů v prameništi skupinového vodovodu Podluží.

Definování nežádoucích stavů v diplomové práci bylo provedeno na základě metodiky pro implementaci principu analýzy rizik u veřejných vodovodů – WaterRisk, která byla zpracována na Vysokém učení technickém v Brně.

Pro definování nežádoucích stavů bylo zapotřebí získat co nejvíce obecných poznatků o násoskových řadech a informací o jejich provozování. V rámci vypracování práce bylo navštíveno prameniště skupinového vodovodu Podluží v Moravské Nové Vsi. Byl získán provozní deník jedné z čerpacích stanic, které se nacházejí v prameništi, a praktické zkušenosti z provozu od vedoucího úpravní vody v Moravské Nové Vsi. Provozní deník bylo poté nutno zpracovat. Zpracování deníku je možné zařadit mezi jednu z nejsložitějších částí práce. Provozní deník byl sepsán velice stručně a heslovitě. Bylo nutné pečlivé pročtení a následné zařazení jednotlivých činností, jako například výměna, oprava či údržba zařízení zachycených v provozním deníku, do ucelených skupin. Následně byla každé skupině činností přiřazena četnost výskytu v jednotlivých letech, pro které byl provozní deník sepsán. Na závěr byla vypočítána průměrná četnost výskytu z jednotlivých let a to pomocí aritmetického průměru. Průměrná četnost výskytu však obsahuje nejistotu, která je do ní vložena rekonstrukcí násoskových potrubí a výměnou některých zařízení čerpací stanice, příp. některých částí zařízení.

Mezi další získané podklady patřilo měření hladin v jednotlivých vrtech a ve sběrné studni a rozbory surové vody za posledních pět let. Měření hladin bylo využito pro vzorový výpočet násoskového potrubí. Rozbory surové vody pak byly využity při definování nežádoucích stavů. Z měřených hodnot bylo pro vyhodnocení vybráno především množství železa a manganu, které je hlavní příčinou inkrustace v potrubí. Během vyhodnocování byly zjištěny výkyvy ve výskytu železa a manganu v surové vodě. Zkoumáním nebyly zjištěny příčiny tohoto výkyvu.

Po zpracování získaných informací následovalo definování nežádoucích stavů. Jednalo se o definování nejfrekventovanějších nežádoucích stavů, které bylo založeno na získaných poznatcích. Byly definovány tři nežádoucí stavy – Nedostatečná hydraulická kapacita násoskového potrubí, Přerušení dodávky surové vody a Kontaminace surové vody v násoskovém potrubí. Jednotlivým nežádoucím stavům byly přiřazeny rizikové faktory, které mohou daný nežádoucí stav způsobit. Pro stanovení rizikových faktorů bylo nutno získat podrobnější informace o některých

příčinách jejich vzniku jako například o podmínky vzniku inkrustů v potrubí. U rizikových faktorů bylo nutné stanovit přesné hranice jejich bodového hodnocení. Vycházelo se z reálných hodnot z prameniště skupinového vodovodu Podluží, ovšem u některých rizikových faktorů byly tyto hodnoty odhadnuty na základě obecných informací. Pro jejich přesné stanovení by bylo nutné provést dlouhodobé měření v několika prameništích, ve kterých jsou pro jímání vody využívány násosková potrubí. Mohu říci, že definování nežádoucích stavů a jejich rizikových faktorů bylo časově nejnáročnější a vedle zpracování provozního deníku nejsložitější částí diplomové práce.

Následně bylo provedeno testování vytvořených nežádoucích stavů na prameništi v Moravské Nové Vsi. Pro testování byly získány informace o provozování starého a nového násoskového potrubí. Proto bylo provedeno testování jak na násoskovém potrubí po rekonstrukci, tak na násoskovém potrubí před jeho rekonstrukcí. Testování probíhalo taktéž podle metodiky WaterRisk. Seznámila jsem se také se softwarovou aplikací, avšak analýza následků byla provedena papírovou formou. Papírová forma byla zvolena z důvodu složitějšího zadávání vlastních nežádoucích stavů do aplikace a také z důvodu toho, že se jednalo o malé množství nežádoucích stavů. Byly vytvořeny formuláře, ve kterých byly ohodnoceny rizikové faktory nežádoucích stavů, a následně byla provedena analýza následků pomocí výpočtu pravděpodobnosti vzniku nežádoucího stavu a možných následků. Po vyhodnocení bylo provedeno srovnání možných rizik na obou testovaných násoskových řadech. Bylo zjištěno, že rekonstrukcí byla pravděpodobnost vzniku nežádoucích stavů a jejich následků snížena. Avšak je dále možné konstatovat, že velký vliv na vznik nežádoucích stavů má kvalita dopravované surové vody. A proto v těchto případech nedošlo k výraznému snížení možného rizika.

## 6 ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Hodnocení a řízení rizik je v současnosti důležitou pomůckou při plánování oprav vodovodních systémů a pro získání ucelených informací o systému zásobování pitnou vodou. Možnost využití analýzy rizik je v oboru vodárenství v začátcích. Proto se vznikající metodiky zabývají především základními prvky systému zásobování pitnou vodou. Některé prvky jsou prozatím pominuty. Mezi tyto prvky patří i násoskové řady.

Násoskové řady jsou poměrně jednoduchým zařízením, a proto nejsou v centru zájmu lidí zabývajících se oborem vodárenství. Jsou jim věnovány krátké kapitoly ve vědeckých knihách či studijních materiálech. Avšak z hlediska zásobování pitnou vodou nemohou být odsunována do pozadí, jelikož jejich funkčnost je nutná pro dopravování pitné vody v některých oblastech. Diplomová práce byla zaměřena právě na tento prvek systému. První část práce je zaměřena na seznámení se s problematikou násoskových řadů, jejich výpočtu a využití v praktické rovině. V druhé části byla na základě obecných znalostí o násoskových řadech, informací z provozování, platné legislativy a v neposlední řadě na základě vytvořené metodiky v rámci projektu WaterRisk identifikována možná nebezpečí, která mohou na násoskových řadech nastat. Dále byly definovány nejfrekventovanější nežádoucí stavy. V poslední části práce byla provedena analýza rizik násoskových řadů v prameništi skupinového vodovodu Podluží. Analýza byla provedena na starém litinovém potrubí i novém násoskovém potrubí z polyethylenu a výsledky byly porovnány.

Definované nežádoucí stavy na násoskových řadech mohou být využity pro doplnění metodiky WaterRisk a tím může být rozšířeno využití metodiky pro provozovatele pramenišť, ve kterých jsou využívány pro dopravu surové vody právě násosková potrubí. Avšak pro podrobnější a obecně použitelnou analýzu rizik násoskových řadů je nutné v budoucnosti získat podrobné informace z více provozovaných násoskových řadů a informace z měření v terénu, aby bylo možné vytvořené nežádoucí stavy více zobecnit a upřesnit.



## 7 SEZNAM LITERATURY

- [1] *Abeceda malých vodních pohonů* [online]. [cit. 2011-11-23]. Okysličení vody. Dostupné z WWW: <<http://mve.energetika.cz/ekologie/okysliceni.htm>>.
- [2] AMBROŽOVÁ, Jana. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. První. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2001. 226 s. ISBN 80-7080-463-7.
- [3] BABBITT, M.S., Harold E.; DOLAND, M.S., C.E., James J. *Water supply engineering*. Třetí. United states of America : McGraw-Hill Book Company, Inc., 1939. 690 s.
- [4] *BRNĚNSKÉ VODÁRNY A KANALIZACE akciová společnost* [online]. 2005, 12.10.2011 [cit. 2011-10-18]. Březovské přivaděče. Dostupné z WWW: <<http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/zasobovani-pitnou-vodou/brezovske-privadece/#>>>.
- [5] Cmol, J.: *Osobní sdělení*, 2011.
- [6] Česká republika. Vyhláška č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In *Sbírka zákonů*. 2004, 82, s. 5402 - 5422.
- [7] Česká republika. Vyhláška Ministerstva zemědělství č.428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č.274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů. In *Sbírka zákonů*. 2001, částka 161/2001, s. 9066 - 9085.
- [8] Česká Republika. ČSN IEC 300-3-9: *Management spolehlivosti. Část 3: Návod k použití. Oddíl 9: Analýza rizik technologických systémů*. In: Praha: Český národní institut, 1997.
- [9] *E-pumps.co.uk* [online]. [cit. 2011-11-23]. Lowara SHE 65-200/220/P Close Coupled End Suction Pump. Dostupné z WWW: <<http://www.e-pumps.co.uk/lowara-she-65-200220p-close-coupled-end-suction-pump-1516-p.asp>>.
- [10] JANDORA, Jan; HLAVÍNEK, Petr. *Hydraulika čistíren odpadních vod*. První. Brno : NOEL 2000 s.r.o., 1996. 160 s. ISBN 80-86020-04-5.
- [11] KIANIČKA, Martin. *Využití kavitace v technické praxi*. Brno, 2010. 52 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [12] KLEINER, Y. *Risk factors in water distribution systems*. In *British Columbia Water and Waste Water Association 26th Annual Conference*. Whistler, B.C. Canada, 1998.
- [13] KOLÁŘ, Václav, et al. *Hydraulika*. První. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 716 s. L11-E1-III-41/1491.

- [14] KOŽÍŠEK, František. *Studna jako zdroj pitné vody : Příručka pro uživatele domovních a veřejných studní*. Druhé. Praha : Státní zdravotní ústav , 2001. 36 s. ISBN 80-7071-224-4.
- [15] MALÝ, Josef; MALÁ, Jitka. *Chemie a technologie vody*. Druhé doplněné vydání. Brno : ARDEC s.r.o., 2006. 329 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [16] NOVÁK, Josef, et al. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, spol. s r.o., 2003. 151 s. ISBN 80-238-9946-5.
- [17] PATOČKA, Cyril. *Hydraulika : Část 2*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 261 s.
- [18] PAVELČÁK, Jozef. Modelový výskum odberu vody násoskami pre závlahy. *Vodní hospodářství*. 1988, roč.38, 11, s. 304 - 307.
- [19] PECHURA, Miroslav a Eliška WINDOVÁ. Pro Podluží jsou staré vrty časovanou bombou. *Břeclavský deník* [online]. 2009-03-27 [vid. 2011-12-21]. Dostupné z: [http://breclavsky.denik.cz/zpravy\\_region/pro-podluzi-jsou-stare-vrty-casovanou-bombou.html](http://breclavsky.denik.cz/zpravy_region/pro-podluzi-jsou-stare-vrty-casovanou-bombou.html)
- [20] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Třetí přepracované vydání. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1.
- [21] RIS : *Regionální informační systém* [online]. c2010 - 2011 [cit. 2011-11-23]. O kraji - Jihomoravský kraj. Dostupné z WWW: <<http://www.risy.cz/cs/krajske-ris/jihomoravsky-kraj/regionalni-informace/o-kraji/>>.
- [22] *Rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami: Prameniště skupinového vodovodu Podluží*. Břeclav: Městský úřad Břeclav, odbor životního prostředí, 2010. 6s.
- [23] RUČKA, Jan; TUHOVČÁK, Ladislav; KADLECOVÁ, Veronika. Zákal ve vodovodní síti : Metody predikce jeho vzniku a šíření. In *Voda Zlín 2009*. Zlín : Moravská vodárenská, a.s., 2009. s. 39 - 44. ISBN 978-80-254-3935-7.
- [24] SEDLÁČKOVÁ, Jana. *Moravská Nová Ves : Závěrečná zpráva - rekonstrukce prameniště, předvrty, pozorovací a jímací vrty*. Holešov : Vodní zdroje Holešov a.s., 2009. 249 s.
- [25] *Skupinový vodovod Podluží: Provozní řád*. Brno: Hydroprojekt, 1987.
- [26] SNOEYING, V.L. *Drinking water distribution systems: Assessing and reducing risks*. Washington D.C., USA: The National Academie Press, 2006. 391 s. Dostupné z WWW: <<http://www.nap.edu/>>. ISBN 0-309-10306-1.
- [27] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. *Analýza rizik veřejných vodovodů*. První. Brno : AKADEMICKÉ VYDAVATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2010. 254 s. ISBN 978-80-7204-676-8.

- [28] TUHOVČÁK, Ladislav; RUČKA, Jan. *Hazard identification and risk analysis of water supply systems*. In *2<sup>nd</sup> Leasing Edge Conference on Strategic Asset Management – LESAM 2007*. Lisbon, 2007. s.104.
- [29] VACEK, Zdeněk. *Moravská Nová Ves : Rekonstrukce a intenzifikace jímacího území, Projekt hydrogeologického průzkumu*. Holešov : AQUA - GEA Holešov, 2006. 44 s.
- [30] *WaterRisk* [online]. 2006 [cit. 2011-12-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.waterrisk.cz/>>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR.Č. 2.1 NÁSOSKOVÉ POTRUBÍ .....	9
OBR.Č. 2.2 SCHÉMA NÁSOSKOVÉHO POTRUBÍ .....	13
OBR.Č. 2.3 MÍSTNÍ ZTRÁTY (JANDORA, HLAVÍNEK, 1996).....	15
OBR.Č. 2.4 VÝVOJ KAVITACE – A) POČÁTEČNÍ KAVITACE, B) ČÁSTEČNĚ VYVINUTÁ KAVITACE, C) PLNĚ VYVINUTÁ KAVITACE (KIANIČKA, 2010) .....	16
OBR.Č. 2.5 NÁSOSKOVÝ PŘEPAD – PŘEHRADA O'SHAUGHNESSY (SAN FRANCISCO, CALIFORNIA) (BABBITT, 1939) .....	17
OBR.Č. 2.6 PRAMENIŠTĚ MORAVSKÁ NOVÁ VES – POHLED NA JÍMACÍ VRTY.....	18
OBR.Č. 2.7 ŠTOLA NÁSOSKY I. BŘEZOVSKÉHO VODOVODU V PRAMENIŠTI BŘEZOVÁ NAD SVITAVOU (ZDROJ: WWW.BVK.CZ) .....	18
OBR.Č. 2.8 NÁSOSKOVÁ TURBÍNA (ZDROJ: MVE.ENERGETIKA.CZ) .....	19
OBR.Č. 3.1 PROCES ANALÝZY A ŘÍZENÍ RIZIK (TUHOVČÁK, 2010) .....	21
OBR.Č. 3.2 POSUZOVÁNÍ A MANAGEMENT RIZIKA (TUHOVČÁK, 2010) .....	22
OBR.Č. 3.3 DIAGRAM ROZPUSTNOSTI AMORFNÍCH HYDROXIDŮ – 1. $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , 2. $\text{Al}(\text{OH})_3$ , 3. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (PITTER, 1999) .....	29
OBR.Č. 3.4 ŽELEZITÁ BAKTERIE CRENOTHRIX POLYSPORA (AMBROŽOVÁ, 2001) .....	30
OBR.Č. 3.5 INKRUSTY NA PLASTOVÉM POTRUBÍ .....	
OBR.Č. 3.6 INKRUSTY NA LITINOVÉM POTRUBÍ .....	31
OBR.Č. 3.7 EVAKUAČNÍ STANICE .....	
OBR.Č. 3.8 VÝVĚVA V EVAKUAČNÍ STANICI .....	38
OBR.Č. 3.9 INDUKČNÍ PRŮTOKOMĚR.....	
OBR.Č. 3.10 DETAIL ŠOUPÁTKA.....	40
OBR.Č. 3.11 REGULAČNÍ ZAŘÍZENÍ .....	40
OBR.Č. 4.1 MAPA JIHOMORAVSKÉHO KRAJE (ZDROJ: WWW.RISY.CZ) .....	50
OBR.Č. 4.2 SEDIMENTAČNÍ NÁDRŽE – ÚPRAVNA VODY MNV .....	52
OBR.Č. 4.3 PÍSKOVÉ FILTRY NA ÚPRAVNĚ VODY MNV – PROCES PRANÍ.....	52
OBR.Č. 4.4 JÍMACÍ VRT HV40A .....	56
OBR.Č. 4.5 PRAMENIŠTĚ 4 (ŠTĚRKOVÍŠTĚ).....	57
OBR.Č. 4.6 VYBRANÉ UKAZATELE SUROVÉ VODY ODEBRANÉ V LETECH 2007 – 2010 NA ČS3.....	58
OBR.Č. 4.7 MNOŽSTVÍ ŽELEZA VE SMĚSNÉ SUROVÉ VODĚ V OBDOBÍ 2009 – 2011 .....	59
OBR.Č. 4.8 MNOŽSTVÍ MANGANU VE SMĚSNÉ SUROVÉ VODĚ V OBDOBÍ 2009 – 2011 .....	59
OBR.Č. 4.9 JÍMACÍ VRT.....	60
OBR.Č. 4.10 SMÍSENÍ SUROVÝCH VOD Z JEDNOTLIVÝCH PRAMENIŠŤ NA ÚPRAVNĚ VODY MNV .....	60
OBR.Č. 4.11 SCHÉMA ČERPACÍ STANICE ČS1 – ČS3 .....	61
OBR.Č. 4.12 ČERPACÍ STANICE 3 – PRAMENIŠTĚ MORAVSKÁ NOVÁ VES.....	61

OBR.Č. 4.13 SBĚRNÁ STUDNA U ČS3 V PRAMENIŠTI PODLUŽÍ .....	62
OBR.Č. 4.14 SCHÉMA EVAKUAČNÍ STANICE NÁSOSEK (SKUPINOVÝ VODOVOD PODLUŽÍ, 1987) .....	63
OBR.Č. 4.15 VÝVĚVA V EVAKUAČNÍ STANICI V ČS3 .....	63
OBR.Č. 4.16 CHARAKTERISTIKA ČERPADLA LOWARA SHE 65 – 200/220/P (ZDROJ:WWW.E-PUMPS.CO.UK) .....	64
OBR.Č. 4.17 ČERPADLA NA VÝTLAČNÉM POTRUBÍ .....	65
OBR.Č. 4.18 ŘÍDÍCÍ SYSTÉM ČS3 V PRAMENIŠTI PODLUŽÍ.....	65
OBR.Č. 4.19 HLAVNÍ MENU SOFTWARE APLIKACE WATERRISK.CZ .....	66
OBR.Č. 4.20 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PROJEKTU .....	68
OBR.Č. 4.21 EVIDENCE MAJETKU .....	68
OBR.Č. 4.22 VOLBA METODIKY .....	69
OBR.Č. 4.23 DESKRIPCE SYSTÉMU .....	69
OBR.Č. 4.24 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS1 .....	72
OBR.Č. 4.25 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ NÁSLEDKŮ NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS1 .....	73
OBR.Č. 4.26 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS2 .....	74
OBR.Č. 4.27 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ NÁSLEDKŮ NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS2 .....	75
OBR.Č. 4.28 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS3 .....	76
OBR.Č. 4.29 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ NÁSLEDKŮ NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS3 .....	77
OBR.Č. 4.30 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS1 .....	78
OBR.Č. 4.31 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ NÁSLEDKŮ NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS1 .....	79
OBR.Č. 4.32 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS2 .....	80
OBR.Č. 4.33 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ NÁSLEDKŮ NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS2 .....	81
OBR.Č. 4.34 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS3 .....	82
OBR.Č. 4.35 FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ NÁSLEDKŮ NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS3 .....	83

## SEZNAM TABULEK

TAB.Č. 2.1 VÝPOČET ZTRÁT V NÁSOSKOVÉM POTRUBÍ .....	15
TAB.Č. 3.1 ČETNOST UDÁLOSTÍ NA ČERPACÍ STANICI ČS3 V PRAMENIŠTI MNV .....	25
TAB.Č. 3.2 DEFINOVANÉ NEŽÁDOUCÍ STAVY .....	27
TAB.Č. 3.3 HODNOCENÍ FAKTORU F1 PRO STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS1 .....	31
TAB.Č. 3.4 HODNOCENÍ FAKTORU F2 PRO STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS1 (TUHOVČÁK, 2001).....	32
TAB.Č. 3.5 HODNOCENÍ FAKTORU F3 PRO STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS1 .....	34
TAB.Č. 3.6 HODNOCENÍ FAKTORU F1 PRO STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS2 .....	37
TAB.Č. 3.7 HODNOCENÍ FAKTORU F2 PRO STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS2 .....	39
TAB.Č. 3.8 HODNOCENÍ FAKTORU F3 PRO STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS2 .....	41
TAB.Č. 3.9 HODNOCENÍ FAKTORU F4 PRO STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS2 .....	42
TAB.Č. 3.10 HODNOCENÍ FAKTORU F1 PRO STANOVENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU NS3 .....	45
TAB.Č. 3.11 REFERENČNÍ STUPNICE PRAVDĚPODOBNOSTI VZNIKU NEŽÁDOUCÍHO STAVU (TUHOVČÁK, 2010).....	46
TAB.Č. 4.1 ODBĚRY PODZEMNÍ VODY (VACEK, 2006) .....	54
TAB.Č. 4.2 VYBRANÉ UKAZATELE JAKOSTI SUROVÉ VODY – KATEGORIE A2 (VYHLÁŠKA č.428/2001 Sb.).....	58
TAB.Č. 4.3 CHARAKTERITIKY ČERPADLA – PRŮTOK Q A DOPRAVNÍ VÝŠKA H .....	64
TAB.Č. 4.4 TECHNICKÉ ÚDAJE ČERPADLA SHE 65-200/220/P .....	64
TAB.Č. 4.5 IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ – PŘÍPADOVÁ STUDIE .....	70
TAB.Č. 4.6 MATICE RIZIK – PŘED REKONSTRUKCÍ PRAMENIŠTĚ .....	84
TAB.Č. 4.7 MATICE RIZIK – PO REKONSTRUKCI PRAMENIŠTĚ .....	84

## SEZNAM POUŽITÝM ZKRATEK A SYMBOLŮ

### SEZNAM SYMBOLŮ

Označení	Jednotka	Název
C	[-]	následky
D	[m]	průměr
g	[m/s <sup>2</sup> ]	tíhové zrychlení
h	[m]	geodetická výška
h <sub>e</sub>	[m]	efektivní dopravní výška
h <sub>m</sub>	[m]	místní ztráty
h <sub>z</sub>	[m]	ztráty třením po délce
H	[m]	spád násosky
L	[m]	délka
n	[-]	počet hlavních hodnocených rizikových faktorů v daném NS
N	[-]	nejistota
p	[Pa]	tlak
P	[-]	pravděpodobnost
Q	[m <sup>3</sup> /s]	průtok
R	[-]	riziko
Re	[-]	Reynoldsovo kritérium
S	[m <sup>2</sup> ]	plocha
S <sub>C</sub> MAX	[-]	maximální teoreticky dosažitelný součet bodového skóre
S <sub>i</sub>	[-]	bodové hodnocení i-tého rizikového faktoru
v	[m/s]	střední profilová rychlost
w	[-]	váha nejistoty
z	[m]	celkové ztráty (místní a třením)
Δ	[m]	absolutní drsnost potrubí
α	[-]	Coriolisovo číslo
δ	[°]	úhel rozšíření
λ	[-]	součinitel ztrát třením
ν	[m <sup>2</sup> /s]	kinematická viskozita
ξ	[-]	součinitel místních ztrát
π	[-]	konstanta (Ludolfovo číslo)

---

$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	měrná hmotnost
$\tau_p$	[Pa]	tlak par v nasyceném prostoru (napětí par)
$\psi$	[-]	součinitel

## SEZNAM ZKRATEK

apod.....a podobně

atd.....a tak dále

CHOPAV.. Chráněná oblast přírodní akumulace vod

ČS.....čerpací stanice

D.....jmenovitá světlost (vnější průměr)

DN.....jmenovitá světlost (vnitřní průměr)

F..... rizikový faktor

FMEA..... Failure Mode and Effects Analysis

GIS..... geograficko – informační systém

HV.....hlubinný vrt

MNV..... Moravská Nová Ves

NS..... nežádoucí stav

PE.....polyethylen

PVC.....polyvinylchlorid

PVSD..... typ vrtné soustava

SZV.....systém zásobování vodou

VaK..... vodovody a kanalizace



## **SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA Č.1 MAPA PRAMENIŠTĚ SKUPINOVÉHO VODOVODU PODLUŽÍ

PŘÍLOHA Č.2 MAPA PRAMENIŠTĚ SKUPINOVÉHO VODOVODU PODLUŽÍ PŘED  
REKONSTRUKCÍ (VODING HRANICE SPOL. S R.O., 2005)

## SUMMARY

Siphon pipes are pipes through which may be water transferred without pumping. principle of operation is to create a vacuum and a difference between the inlet to the siphon pipe and place of discharge from the siphon pipe. Hydraulic design of siphon pipe is based on the Bernoulli equation. They are used for example for collecting of raw groundwater.

Risk assessment and management is currently utilized in the production and distribution of drinking water. In the Czech Republic took place in the years 2006 - 2010 project WaterRisk. The project was a methodology of implementation of the principle of risk analysis for public water supply. A software application was also created.

The aim of the thesis was to define the most frequent undesired events that may occur on siphon pipes, and their subsequent testing for specific springs. Defining the undesired events and testing are conducted in accordance with the methodology of WaterRisk. The definition of undesired events on siphon pipes have been taken because the methodologies are not yet solved for siphon pipes. Undesired events are defined on the basis of general knowledge about the design and operation of siphon pipes and on the basis of information gained from the operation of the spring of group water supply Podluží. It was defined three most frequent undesired events - Insufficient hydraulic capacity of siphon pipe, Interruption of raw water supply, and Contamination of raw water into siphon pipes. For each condition were defined individual risk factors. For the first undesired event Insufficient hydraulic capacity of siphon pipes were defined three risk factors - Inlay in pipes, Lack of maintenance and Leak pipe and fittings. For the second undesired events - Interruption of raw water supply - were determined four risk factors - Failure of evacuation stations, Failure of control equipment, Blocking pipes, clogging of suction strainer and Increasing of the consumption of raw water. For the third undesired event was created 1 risk factor - Tick of contamination groundwater into siphon pipe.

The above undesired events were then tested on the spring of group water supply Podluží in Moravská Nová Ves. In spring 2009, it was reconstructed. Part of the reconstruction was to exchange the old cast iron pipes for new siphon pipes of polyethylene. Testing was then done for the state before reconstruction, and the post-reconstruction. Analysis of the risks it was found that the reconstruction was reduced the likelihood of undesired events and their consequences were smaller. But there was no significant reduction due to poor quality of raw water, which contains high amounts of manganese and iron which cause the clogging of pipes and equipment.

## **PŘÍLOHY**